

67813

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OTTO MOTORLARINDA PİSTON
KONSTRÜKSİYONUNUN EGZOS
EMİSYONLARINA ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM VE
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

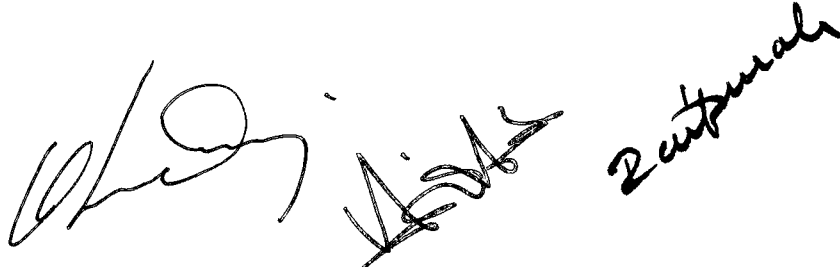
Mak. Müh. Tarkan SANDALCI

F.B.E. Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Enerji Programında
hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Orhan DENİZ

İSTANBUL, 1997



İÇİNDEKİLER

1. EGZOS EMİSYONLARINDAKİ KİRLETİCİLER VE OLUŞUMLARI	1
1.1- MOTORLU TAŞITLARDA KİRLETİCİ MADDELERİN OLUŞUMU:	1
1.2- EGZOS GAZLARI İÇERİSİNDEKİ KİRLETİCİ MADDELERİN OLUŞUMU:	2
a- Karbon Monoksit.....	2
b- Azot Oksitler	3
c- Hidrokarbonlar	6
d- Kurşun ve Kurşunlu Bileşenler	7
1.3- MOTORUN ÇALIŞMA KOŞULLARININ EMİSYONA ETKİLERİ	7
a- Hava fazlalık katsayısı:.....	8
b- Ateşleme avansı :	10
c- Dönme sayısı:	11
d- Motor gücü:	11
2.MOTOR KONSTRÜKSİYONUNUN EMİSYONA ETKİLERİ.....	13
2.1- YANMA ODASI YÜZEY/HACİM ORANI :.....	13
2.2- SIKIŞTIRMA ORANI :	15
2.3- YANMA ODASI ŞEKLİ :	15
2.4- EMME KANALI ŞEKLİ :.....	16
2.5- ATEŞLEME SİSTEMİ (BUJİ SAYISI, KONUMU VE ÇEŞİTLERİ) :	17
3. ÇALIŞMANIN YAPILIŞINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER.....	19
3.1- DENEY DÜZENEĞİNİN TANITIMI:.....	20
3.1.1- İçten Yanmalı Motor:	20
3.1.2- Gaz Analiz Cihazı:	22
3.1.3- Yükleme düzeni:	22
3.2- DENEYİN YAPILIŞI:.....	23
3.2.1- DIN 6270'e Göre Performans Deneyinde Kullanılan İfadeler	26
3.3- DENEY SONUÇLARI:.....	29
3.4 DENEY SONUÇLARININ İRDELENMESİ:	32
3.4.1- Emisyonlar Yönünden İnceleme:	33
3.4.2- Motor performansı yönünden inceleme:	35
4- SONUÇ:	36

TEŐEKKÜR

Tezimin hazırlanmasında ve incelenmesinde değerli katkılarından dolayı Prof. Dr. Raif DURAK ve Prof. Dr. Orhan DENİZ' e ve ayrıca deneyin yapılışında yardımlarını esirgemeyen Öğr. Gör. Muammer ÖZKAN, Arş. Gör. Süleyman TOKAY, Arş. Gör. Övün İÇİN ve tezimin yazılmasına yardım eden Arş. Gör. Burhanettin ÇETİN ve Mak. Müh. Gökhan BEBEK' e teşekkürlerimi sunarım.



ÖZET

Motorlu taşıtlar tarafından üretilen kirletici maddelerin büyük bir çoğunluğunu egzoz gazları içerisindeki yanmamış hidrokarbonlar oluşturur. Motor yanma odası ana yanma odası dışında birçok küçük hacimlerden oluşmuştur ve bu hacimler dar kanallarla ana yanma odasına bağlantılı durumdadırlar. Motorun çalışması esnasında silindir iç basıncına bağlı olarak, küçük hacimlere doğru veya bu hacimlerden ana yanma odasına doğru gaz akışları meydana gelir. Bu hacimlerin en büyüğü piston birinci kompresyon segmanı ve silindir cidarı arasında oluşur. Bu üst segman hacmi olarak adlandırılır.

Yanmamış hidrokarbonlar, yanma odasının çeşitli bölümlerinde Yüzey/Hacim oranının büyük olması nedeniyle ısı kayıplarının buradaki karışımın tutuşmasını engelleyecek kadar büyük olması ve yanma odasının soğuk cidarlarına olan ısı kayıpları nedeniyle buraya ulaşan alevin anında sönmesiyle oluşmaktadır. Piston ile silindir arasında bulunan üst segman hacminin yanmamış hidrokarbon konsantrasyonuna etkisi büyüktür. Bu çalışmada, üst yüzeyleri yeniden şekillendirilen 4 adet piston kullanılarak, yanmamış hidrokarbon konsantrasyonuna ve motor performansına etkileri araştırılmıştır. Yeniden şekillendirilen her piston için sıkıştırma oranı sabit tutulmuş ve Yüzey/Hacim oranları değiştirilerek, Yüzey/Hacim oranının yanmamış hidrokarbon konsantrasyonuna etkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Deneyler tek silindirli bir içten yanmalı motor üzerinde yapılmış ve yapılan deneyler sonucunda, yüksek devir sayılarıyla yanmamış hidrokarbon konsantrasyonunda bir azalma gözlenmiştir. Ayrıca bunun sonucu olarak motor perforans değerlerinde bir artış gözlemlenmiştir. Bu da gösteriyorki, üst segman hacminin Yüzey/Hacim oranları azaldıkça yanmamış hidrokarbon konsantrasyonunda azalmaktadır. Bunun nedeni, Yüzey/Hacim oranı düştükçe gazdan silindire doğru olan ısı transferinin azalmasıdır. Bunun sonucunda, küçük hacimlere gelen alev cephesi sönmeyen yanmanın büyük bir kısmı tamamlanmaktadır. Anlaşılacağı gibi üst segman hacminin uygun şekilde dizayn edilmesi halinde motor kaynaklı çevre kirliliği önemli ölçüde azaltılabilir.

ABSTRACT

The most of the air pollutants which are produced by motor vehicle, are due to unburned HC in exhaust gas: The engine combustion chamber is consist of main combustion chamber and many separated small volumes and this small volumes are connected by narrow channels to main combustion chamber. During engine running period, the gas flow from small volumes to main combustion chamber or from main combustion chamber to small volumes are occurred related to the inert cylinder pressure. The biggest volumes are happened between the first compression piston ring and cylinder wall. This is called top piston ring volume.

Unburned hydrocarbons form since, in some parts of the combustion chamber the surface/volume ratio is big enough to cause enough heat losses that can even stop the burning of the mixture and because of the heat losses to the cold cylinder walls of the combustion chamber the flame that reaches here burnout in a while. The top piston ring volume between piston and cylinder effects HC concentration. In this project, using new four pistons that the top of surfaces are reformed the effects on the unburned HC concentration and the engine performance are researched. The compression ratio for reformed pistons is constant and the surface/volume ratio is variable during experiment and changing the surface/volume ratio, the HC concentration is observed. The experiment are performed on single cylinder internal combustion engine and the result of experiment; the HC concentration are reduced at the high speed of engine. Therefore, engine performance values are rised. This is indicated that the reduce of the surface/volume ratio leads to reduce the unburned HC concentration. Because, the lower the surface/volume ratio the lower the heat transfer through cylinder.

Therefore; before the flame front is arrived to the small volumes, the essential part of burning is completed. If the top ring volume is designed properly, the air pollution due to exhaust gas can be reduced significantly.

1. EGZOS EMİSYONLARINDAKİ KİRLETİCİLER VE OLUŞUMLARI

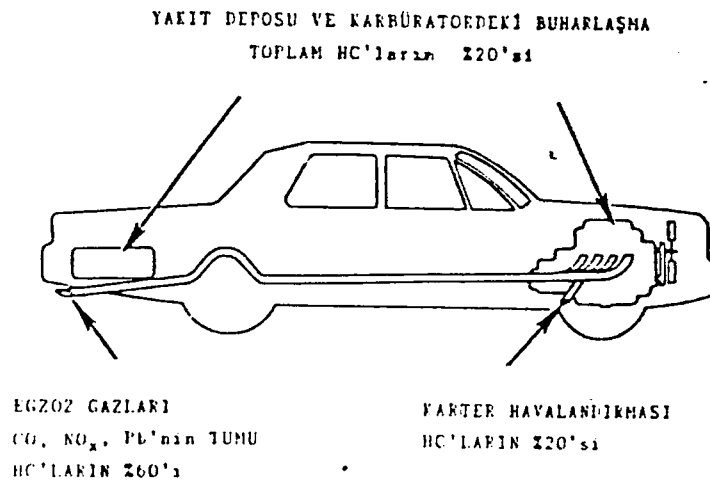
1.1- Motorlu Taşıtlarda Kirletici Maddelerin Oluşumu:

Motorlu taşıtlar tarafından üretilen kirletici maddelerin kaynakları üç ana grupta toplanabilir:

- egzoz gazları
- karter havalandırması,
- yakıt deposu ve karbüratördeki buharlaşmalar.

Önlem alınmamış taşıtlarda, egzoz gazları içerisindeki kirletici bileşenler tüm emisyonun önemli bölümünü oluşturmaktadır. Kartar havalandırmasından atmosfere kirletici maddelerin atılmasını önlemek amacıyla havalandırma bağlantısı karbüratöre yapılmaktadır. Böylece kartardan gelen bileşenler yanma odasına gönderilerek yakılmaktadır (pozitif havalandırma yöntemi).

Yanmamış yakıt, buharlaşan yağlama yağı ve kısmen yanmış HC'lerden oluşan bu gazlar içerisinde ayrıca H_2O , CO , O_2 , N_2 ve NO_x da bulunmaktadır. Emisyon önlemleri alınmamış taşıtlarda bu kaynak tüm HC emisyonunun %20 kadarını oluşturmaktadır. Motorlu taşıtlar tarafından üretilen kirletici maddelerin oranları Şekil-1.1'de görülmektedir.



Şekil-1.1 Motorlu taşıtlar tarafından üretilen kirletici maddelerin kaynakları

Yakıt deposu ve karbüratörden buharlaşan yakıtın oluşturduğu hava kirliliğinin önlenmesi amacıyla motorun çalıştırıldığı durumlarda, buharlaşan yakıt motora gönderilerek yakılmaktadır. Motorun çalıştırılmadığı durumlarda buharlaşan yakıt ise, depolanarak daha sonra yanma odasına gönderilmektedir.

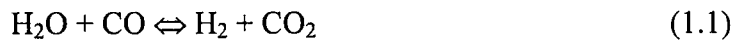
1.2- Egzos gazları içerisindeki kirletici maddelerin oluşumu:

Motorlarda ideal yanma durumunda, yanmanın tam olması sonucunda yanma ürünleri arasında zehirli etkileri olmayan CO₂ ve H₂O bileşenleri ile havadaki N₂ bulunacaktır. Ancak uygulamada yanmanın tam olmaması ve dissosiasyon nedeniyle oluşan ara ürünler egzos gazları içerisinde ek olarak HC, NO_x, CO gibi zararlı maddelerin oluşmasına neden olur. Ayrıca yakıtın içinde bulunan kükürt ve katkı maddeleri nedeniyle SO₂, Pb bileşenleri gibi zararlı maddeler de yanma ürünleri arasında yer almaktadır.

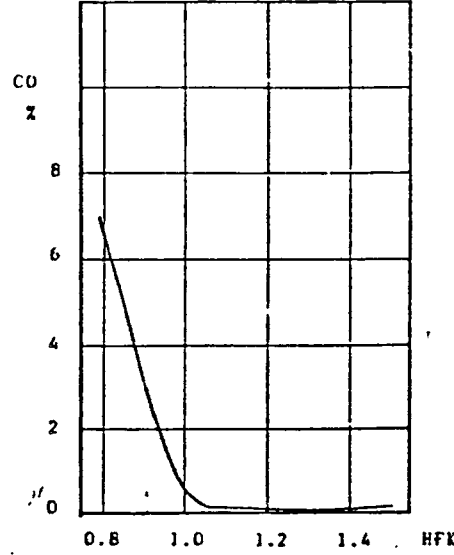
a- Karbonmonoksit

Yanma ürünleri arasında CO bulunmasının ana nedeni oksijenin yetersiz olmasıdır. Yanma odasının tümü ele alındığında oksijen genel olarak yetersiz olabileceği gibi, karışımın tam homojen olmaması durumunda yanma odasının belirli bir konumunda yerel olarak da yetersiz olabilir. Temel olarak CO oluşumu hava fazlalık katsayısının λ kuvvetli bir fonksiyonu olarak değişmektedir.

Yanma sırasında CO oluşumu su gazı dengesi olarak adlandırılan,



denklemleri ile belirlenmektedir. Yüksek alev sıcaklıklarında bu denge reaksiyonundan CO₂ miktarına oranla daha fazla CO elde edilir. Ancak sıcaklık düştükçe CO'nun CO₂ şekline oksidasyonu söz konusudur. Bu bakımdan fakir veya stokiyometrik karışımlarda egzos gazları içerisindeki CO miktarı daha az olurken, zengin karışımlarda soğuk egzos gazları içerisinde bile O₂ yetersizliği nedeniyle yüksek miktarda CO bulunmaktadır. CO emisyonunun hava fazlalık katsayısına göre değişimi Şekil-1.2'de gösterilmiştir.



Şekil-1.2 CO emisyonunun hava fazlalık katsayısına göre değişimi



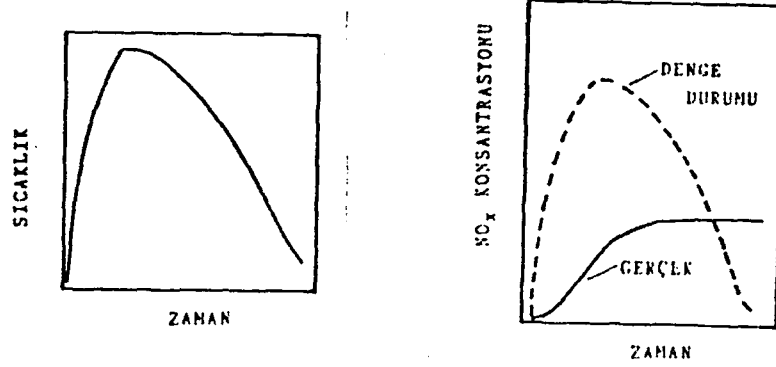
şeklinde tanımlanan bu denge reaksiyonu sıcaklığa bağlı olarak oluşmaktadır. Bu nedenle yanma odası sıcaklığının düşürülmesi CO emisyonunu azaltmaktadır.

b- Azot Oksitler

Yanma sonucu ulaşılan yüksek sıcaklıklarda, havanın içerisindeki azotun oksijen ile birleşmesi sonucu azot oksitler meydana gelmektedir. NO_x içerisinde ana eleman olarak genellikle NO bulunmaktadır. Egzos gazlarının daha sonra atmosfere atılması sonucu oksijenle temasında NO'nun bir kısmı NO_2 ve öteki NO_x 'lere dönüşmektedir. Bu bakımdan NO_x oluşumunu etkileyen iki önemli parametre yanma odası sıcaklığı ve hava/yakıt oranıdır. Ayrıca kimyasal reaksiyon hızları da etkili olmaktadır. Ancak bu hızlar da sıcaklığa bağlıdır.

Kimyasal denge hesapları sonucu saptanan NO_x miktarı, motordaki yanma koşullarında elde edilen miktar ile uyuşmamaktadır, çünkü motor koşullarında yanma ürünlerinin kimyasal dengeye ulaşması için yeterli zaman bulunmamaktadır. Reaksiyon hızları sıcaklığa bağlıdır. Bu nedenle erişilen en yüksek sıcaklık değerinde NO_x için kimyasal denge sağlanamadan yanmış gazların sıcaklıkları düşüş gösterir. Şekil-1.3'te

yanma olayında sıcaklık ve NO_x konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi görülmektedir.



Şekil-1.3 Yanma olayında sıcaklık ve NO_x konsantrasyonunun zamana bağlı değişimi

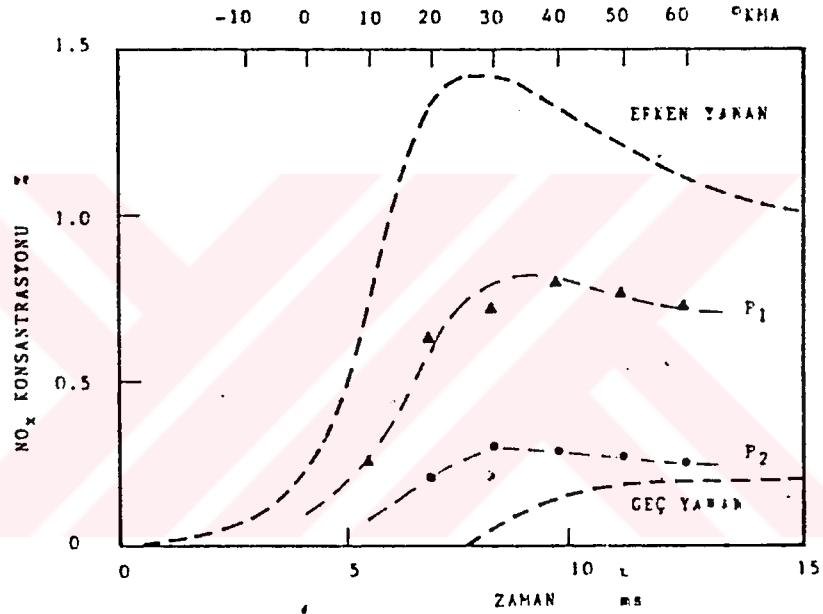
Kimyasal denge durumundan diğer bir sapma da yanmış gazların soğuması sırasında gerçekleşir. Sıcaklığın düşmesi ile NO_x 'lerin tekrar N_2 ve O_2 'ye ayrışması beklenirken, reaksiyon hızının düşük sıcaklıklarda çok düşük olması nedeniyle bu reaksiyonlar da yavaşlar. Böylece daha yüksek sıcaklıklarda elde edilmiş olan NO_x miktarı dondurulmuş olur. Başlangıçta, NO_x miktarı reaksiyon hızlarının denge durumundaki koşulları sağlayacak kadar fazla olmaması (reaksiyon hızının sonlu olmaması) nedeniyle denge durumuna göre düşük olmaktadır.

Belli bir zaman aralığından sonra ise, sıcaklıkların düşmesi sonucunda reaksiyonlar donar ve egzoz gazları içerisindeki miktar daha önce erişilen maksimum sıcaklık miktarına orantılı bir seviyede kalır. Çünkü azot oksitlerin oluşumu ayrıca reaksiyon hızına ve reaksiyonların tamamlanması için mevcut zamana bağlıdır.

NO_x oluşumu aynı zamanda oksijen miktarına da bağlıdır. Bu nedenle zengin karışımlarda NO_x seviyesi düşmektedir. Maksimum değere ise %10 fakir karışımlarda ulaşılmaktadır. Karışımın hava miktarı daha da artırıldığı zaman yanma sıcaklıkları da düşeceği için NO_x miktarı da birlikte azalacaktır.

Benzin motorlarında NO_x oluşumu temel prensiplere uygun olarak gerçekleşmektedir. Alev cephesinin ilerlemesi ile yanan karışımın bulunduğu bölgede NO oluşumu da başlamaktadır. Yanma tamamlanıp, pistonun AÖN'ya doğru hareketi ile

yanmış gazlar genişlemeye ve soğumaya başladığında ise NO_x oluşumu durmaktadır. Bujiye daha yakın bölgelerde yanma daha erken başladığından, NO_x oluşumu için tanınan zaman da daha fazla olmaktadır. Sonuç olarak bu bölgelerdeki NO miktarı daha fazla olmakta ve yanma odası içerisinde farklı NO_x konsantrasyonu meydana gelmektedir. Şekil-1.4'te bir CFR deney motorunda spektroskopik teknik ile açılan iki pencereden ölçülen NO_x konsantrasyonları görülmektedir. Burada P_1 penceresi, bujiye P_2 penceresinden daha yakın bir konumda bulunduğundan buradaki NO_x miktarı da daha fazladır.



Şekil-1.4 Yanma odasında farklı konumlarda NO_x konsantrasyonlarının değişimi

Ayrıca şekilde erken ve geç yanan karışımlar için konsantrasyonun zamana göre değişimi ve “donma” konumları gösterilmektedir. Hesap yolu ile elde edilen bu eğrilerde, reaksiyon hızının zaman içinde değişimi dikkate alınmıştır. Denge durumu kabul edildiğinde buradaki konsantrasyon eğrileri sıcaklıklarla birlikte düşüş gösterecektir.

c- Hidrokarbonlar

Egzos gazları içerisinde HC'ların bulunuş nedeni, CO ve NO_x'lerin aksine yüksek sıcaklıkların bulunması değildir. Yanma ürünleri arasında HC'ların bulunmasına neden, sıcaklıkların veya oksijenin yetersiz olması gibi etkiler sonucunda yanmanın tamamlanamamasıdır. Bu durum,

- yerel karışım oranının çok fakir veya çok zengin olması sonucu oksidasyon reaksiyonlarının yavaş oluşması ve alevin ısı kayıpları nedeniyle sönmesi,

- yanma odasının çeşitli bölümlerinde bulunan karışım için yüzey/hacim oranının büyük olması nedeniyle ısı kayıplarının buradaki karışımın tutuşmasını önleyecek kadar büyük olması,

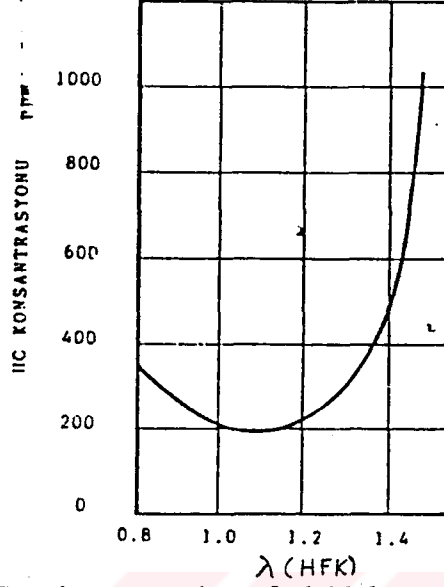
- yanma odasının soğuk cidarlarına olan ısı kayıpları nedeniyle bu bölgeye ulaşan alevin anında sönmesi, nedeniyle oluşmaktadır.

Ayrıca çok zengin ve çok fakir karışımlarda buji ile ateşleme işlemi de bazı durumlarda gerçekleşemediğinden, yanmamış HC'lar egzos gazları ile birlikte atılmaktadır. Yağlama yağının yanma odası cidarlarında oluşturduğu ince filmin yanması sonucunda da HC oluşmaktadır. İki zamanlı motorlarda ise süpürme arasında bir kısım yakıt daha yanmadan egzos penceresinden ya da supabından atılmaktadır.

Genelde, dört zamanlı taşıt motorlarında HC emisyonunun ana kaynağı cidarlardaki alev sönmesi sonucu oluşan HC'lardır. Motorda yanma olayının fotoğraflarının çekilmesi sonucu, cidarlara yakın, yaklaşık 0.008-0.038 cm'lik bir bölgede hiç yanma olmadığı görülmektedir. "Alev sönme bölgesi" olarak adlandırılan bu soğuk cidar bölgesindeki ısı kayıpları, karışım sıcaklığının tutuşma sıcaklığının altına düşmesine neden olmakta ve ayrıca zincir reaksiyonları kırarak da yanma olayını engellemektedir. Alev sönme bölgesi kalınlığı karışım sıcaklığı, basınç, karışım oranı, cidar sıcaklığı, cidar malzemesi ve cidar üzerindeki birikimlerin etkisi ile değişmektedir.

Karışımın zengin veya fakir olması da HC emisyonunu etkilemektedir. λ 'nın 1.1 değeri civarında HC'lar minimumdan geçerek, bu değerin her iki yanında da artış göstermektedir. λ 'nın büyük olması durumunda yanma odası sıcaklığı düşeceği için tam

yanma olmaz ve HC'lar artar. Karışımın zengin olması durumunda ise yeterli oksijen bulunmadığı için yakıtın tümü yanmaz ve tekrar HC'lar artış gösterir(Şekil-1.5).



Şekil-1.5 HC emisyonunun hava fazlalık katsayısına göre değişimi

d- Kurşun ve Kurşunlu Bileşenler

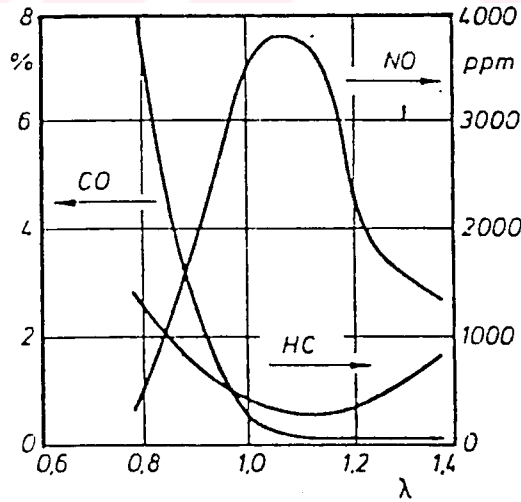
Benzin motorlarında yakıtın oktan sayısını artırmak için katkı maddesi olarak benzine eklenen kurşun tetraetil, $Pb(C_2H_5)_4$ yanma sonucunda egzoz gazları içerisinde kurşun ve kurşun bromür gibi bileşenlerin oluşmasına neden olmaktadır. Bu bileşenler, egzoz sisteminde hava kirliliğini önlemek amacıyla bulunan katalitik reaktörlerin yüzeylerini kaplayarak tıkanıklığa neden olmakta ve etkilerini azaltmaktadır. Bu nedenle katalitik reaktörlerin kullanıldığı taşıtlarda kurşunsuz benzin kullanılması zorunludur.

1.3- Motorun Çalışma Koşullarının Emisyona Etkileri

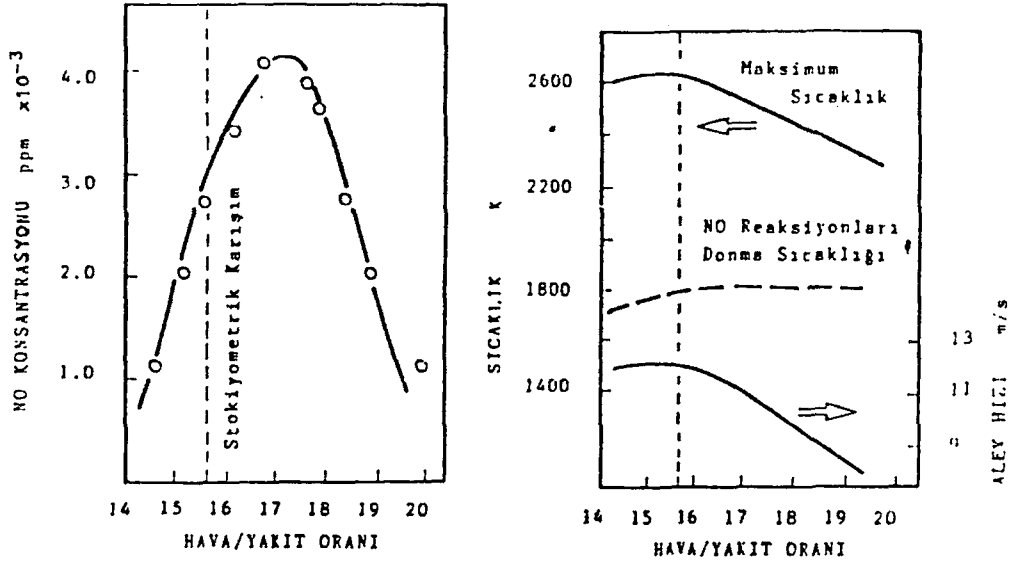
Taşıt motorlarında motorun soğukta ilk hareketi, ivmelenmesi veya gaz kesilmesi gibi durumlarda egzoz gazları içindeki CO, HC ve NO_x miktarları değişim göstermektedir. Motorun çeşitli çalışma koşullarındaki değişimlerin etkisi, kirlenici emisyonun azaltılması bakımından önem taşımaktadır.

a- Hava fazlalık katsayısı:

Benzin motorlarında hava fazlalık katsayısının değişimi emisyon miktarını önemli ölçüde etkilemektedir (Şekil-1.6). λ 'nın genel ve yanma odasındaki yerel değerlerinin oluşması, karışımın oluşum yöntemleri ile yakından ilgilidir. Benzin motorlarında ilk hareket, ivmelenme, maksimum güç vb. bazı çalışma durumları hariç λ 'nın stokiyometrik değerler civarında tutulması, karışımın tüm yanma odasında homojen olması, bütün silindirlere gönderilen yakıt ve hava miktarının eşit olması ve çevrimden çevrime farklılıklar bulunmaması amaçlanmaktadır. Karbüratörlü sistemde bu şartların sağlanması oldukça güçtür. Benzin püskürtme sistemlerinde bile belirtilen şartların tümünün gerçekleştirilmesi zordur. Benzin motorlarının, motordan maksimum güç alınabilmesi için λ 'nın 0.9 değerlerinde, ekonomik çalışması için de λ 'nın 1.1 değerlerinde çalışması gerekmektedir. λ 'nın 1.15'ten fakir olduğu karışım oranlarında, özel sistemler kullanılmadığında tutuşma güvenliği sağlanamayacaktır. Ancak CO emisyonunun azaltılması için λ 'nın mümkün olduğu kadar artırılması gerekmektedir. Bu durumda CO'nun CO₂ 'ye dönüşümü için yeterli oksijen sağlanacaktır. HC emisyonunda artan λ ile yanmanın tamamlanması için yeterli oksijen sağlandığı için azalmaktadır. Ancak belli bir değer üzerine çıkıldığında, çok fakir karışımlarda alevin sönmesi söz konusu olduğundan, artan λ ile HC emisyonunda tekrar artış gösterecektir.



Şekil-1.6 Hava fazlalık katsayısının egzoz gazları emisyonu üzerine etkisi



Şekil-1.8 Karışım oranının NO_x emisyonuna etkisi

NO oluşumu, yanma işlemi sırasındaki reaksiyon hızlarına bağlı olarak değiştiği için silindirdeki termodinamik şartlardan etkilenmektedir. Yanma odasındaki NO_x konsantrasyonu bu nedenle maksimum sıcaklığa ve alev hızına bağlıdır. Maksimum sıcaklık değerinin artışı NO_x üretim miktarını arttırmakta, alev hızının artması da NO'nun dissosiasyon reaksiyonları sonucu moleküler azot ve oksijene ayrılmasına zaman tanıdığı için NO_x emisyonu azaltıcı yönde etki etmektedir. Ancak mevcut oksijen konsantrasyonunun da etkisi ile maksimum NO_x miktarı gene de biraz fakir karışım tarafında bulunmaktadır.

b- Ateşleme avansı :

Benzin motorlarında ateşleme avansının değişimi sonucu motorun gücü, soğutma suyuna giden ısı miktarı ve egzoz gazları sıcaklığı değişmekte ve sonuç olarak motor performansı etkilenmektedir. Bu durum motorun HC, CO ve NO_x emisyonunu da doğal olarak etkiler.

Ateşleme avansının artırılması ile yanma odası sıcaklık ve basıncı artmaktadır. Bunun sonucu olarak alev sönme bölgesi küçülecektir. Ancak gene de egzoz gazları

sıcaklığı düştüğü için, egzoz sürecindeki oksidasyon azalacağından toplam HC emisyonu artış gösterecektir.

Ateşleme zamanının CO emisyonu üzerindeki etkisi oldukça azdır. Ateşlemenin çok geç yapılması durumunda yanmanın tamamlanması için yeterli zaman bulunamayacağından, yanma bitmeden egzoz supabı açılacak ve daha oksidasyon işlemi tamamlanmamış CO gazları dışarı atılacaktır. Ancak ateşleme zamanı bir miktar öne alındığında hala çok sıcak olan egzoz gazı sıcaklıkları etkisi ile CO okside olacak ve CO emisyonunda bir düşüş gözükülecektir.

NO_x için ise ateşleme zamanının etkisi fakir karışımlarda daha fazla, zengin karışımlarda ise daha az olmaktadır. Ancak genelde ateşleme avansının arttırılması NO_x emisyonunu arttırıcı doğrultuda etki etmektedir.

c- Dönme sayısı:

Motorun dönme sayısının artması, yanma odasındaki akışkan hareketlerini hızlandıracak ve türbülansı arttıracaktır. Bunun sonucu olarak da benzin motorlarında cidarların yakınındaki alev sönme bölgeleri azalacak, daha iyi karışım sağlanacak ve alevin ilerlemesinde karşılaşılan sorunlar azalacaktır. Sonuç olarak motor dönme sayısının artması ile yanma iyileşeceğinden, yanmamış HC emisyonları da azalma gösterecektir.

Devir sayısının değişimi CO emisyonuna etki etmemektedir. Dönme sayısının artması sonucu artan türbülans miktarı alev hızını da arttırmakta olduğundan, ısı kayıpları azalmakta ve sonuç olarak da yanma odası sıcaklıkları ve basıncı artmaktadır.

d- Motor gücü:

Motor dönme sayısı ve karışım oranı sabit kalacak şekilde ve ateşleme zamanında maksimum momenti verecek şekilde ayarlama yapılarak gücün arttırılması durumunda emisyonu etkileyen birçok etken söz konusu olmaktadır. Yükün artması ile, yanma ürünlerinin egzoz sisteminde kalış süreleri azalmaktadır. Böylece sıcak ortamda

oksidasyon için zaman azalmakta olduğundan HC emisyonu artacaktır. Ancak yükün artması ile alev sönme bölgesi küçülecek ve egzoz sıcaklığı artacaktır. Bu etkenlerde HC emisyonunu azaltıcı yöndedir. Sonuç olarak motor gücünün değişimi HC emisyonunu belirgin bir şekilde etkilememektedir. Sabit karışım oranları için, motor gücünün değişimi CO emisyonunu da etkilememektedir.

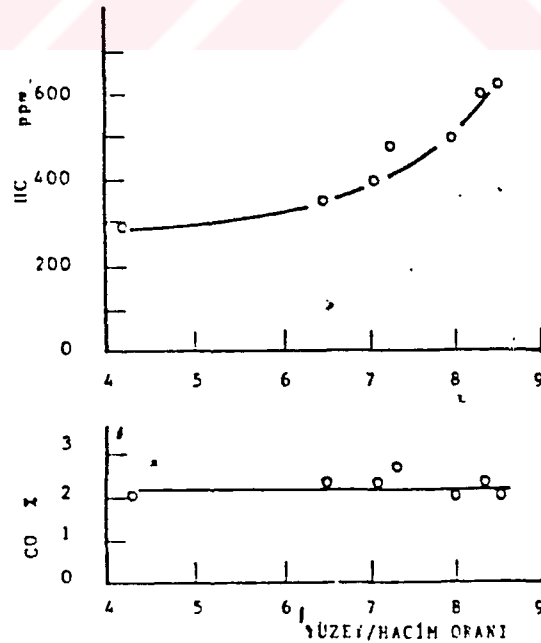


2.MOTOR KONSTRÜKSİYONUNUN EMİSYONA ETKİLERİ

Benzin ve dizel motorlarında, motor konstrüksiyonuna ilişkin çeşitli parametrelerin değişimi de egzoz gazları içerisindeki HC, CO ve NO_x miktarlarını önemli ölçüde etkilemektedir.

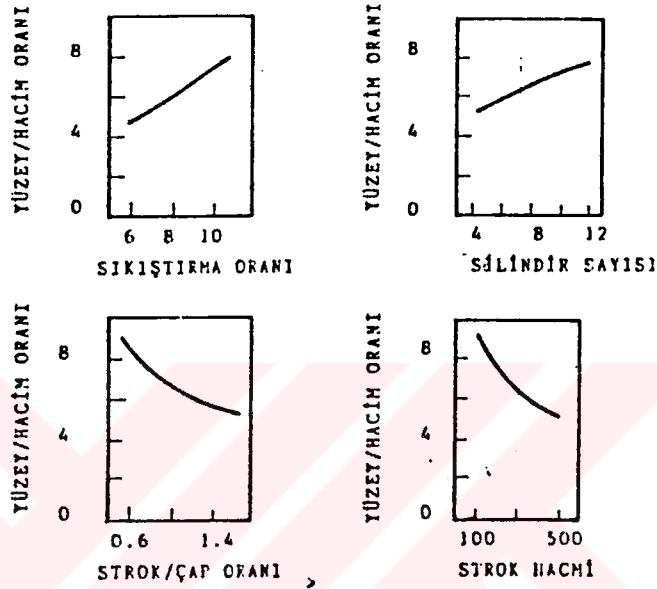
2.1- Yanma Odası Yüzey/Hacim Oranı :

Yanma odası yüzeyi ve hacmi pistonun ÜÖN'da bulunduğu konumdaki değerlerdir. Yanma odası cidarlarının alanı büyüdükçe, cidarlara yakın bölgede bulunan alev sönme bölgesi de büyüyecektir. Bu bölgeler de yanma tamamlanmadığı için, HC emisyonu alev sönme bölgesindeki artış ile birlikte artış gösterir. Aynı şekilde motorun Yüzey/Hacim oranı da büyüdükçe alev sönme bölgesi büyür ve yanmamış HC emisyonu artar. Bu durumdan CO emisyonu etkilenmez (Şekil-2.1). Yüzey/Hacim oranının artırılması ile yanma odasının soğutulması kolaylaştırıldığından, NO_x emisyonu ise bir miktar azalma gösterecektir.



Şekil-2.1 Yüzey/Hacim oranının HC ve CO emisyonuna etkisi

Motorun ait çap, strok gibi büyüklüklerin oranları aynı tutularak motor boyutları küçültüldüğünde, Yüzey/Hacim oranı artacaktır. Aynı şekilde sıkıştırma oranının artırılması, silindir sayısının artırılması, strok hacminin azaltılması, Strok/Çap oranının azaltılması durumlarında Yüzey/Hacim oranı artış gösterecektir(Şekil-2.2).



Şekil-2.2 Çeşitli motor parametrelerinin Yüzey/Hacim oranına etkisi

Motorun Strok/Çap oranının artırılması, Yüzey/Hacim oranını düşürmektedir. Strokun büyütülmesi ve çapın küçültülmesi sonucu Strok/Çap oranı 0.813'ten 1.105'e çıkarken, Yüzey/Hacim oranı 8.0'dan 6.1'e düşmektedir. Bu durumda HC emisyonları azalacaktır. Ancak son zamanlarda motor tasarımındaki eğilimler strokun kısa tutulması sonucu sürtünme kayıplarının azaltılması, böylece motor gücünün ve yakıt ekonomisinin artırılması, ve motorun yüksekliğinin azaltılması yönündedir. Uzun stroklu motorlar daha yüksek, ağır ve pahalı olmaktadır. Bu nedenle birim ağırlık başına maksimum güçleri daha az ve yakıt tüketimleri de biraz daha fazladır. Motorun Strok/Çap oranı aynı kalacak şekilde, strok hacmi küçültüldüğünde Yüzey/Hacim oranı artış gösterecektir. Bu durumda motorun toplam strok hacmi sabit kalmak üzere, silindir sayısı azaltılarak, silindir başına olan strok hacmi artırılıp, Yüzey/Hacim oranı azaltılabilir ve böylece HC emisyonu azaltılabilir. Diğer taraftan belirli silindir sayısı

için strok hacminin büyütülmesi durumunda Yüzey/Hacim oranı azalacak ve HC konsantrasyonu da azalacaktır. Ancak HC miktarı, artan sürtünme kayıpları nedeniyle artabilir. Ateşleme avansının değişimi de etkin Yüzey/Hacim oranını değiştirmektedir. Ateşlemenin geç yapılması sonucu yanma geç başlayacak ve yanma süreci ÜÖN civarından, genişleme zamanına kayacaktır. Pistonun ÜÖN'dan daha aşağıdaki konumunda da Yüzey/Hacim oranı oldukça azalmış durumda olacağından HC emisyonları da azalacaktır. Fakat motorun gücü de bu şartlarda düşeceği için, özgül HC emisyonu artacaktır.

2.2- Sıkıştırma Oranı :

Motoru sıkıştırma oranının artırılması, termik verimin artırılmasına neden olmakta, özgül yakıt tüketimini azaltmakta ve motordan elde edilebilen maksimum gücün de artmasını sağlamaktadır. Ancak benzin motorlarında sıkıştırma oranının artırılması vuruşu ile sınırlandırılmıştır.

Sıkıştırma oranının, $(V_c+V_h)/V_c$ azaltılması ile motorun sıkıştırma hacmi önemli ölçüde artarken, ÜÖN'daki yanma odası yüzeyi de bir miktar artacaktır. Böylece yanma odası Yüzey/Hacim oranı azalacağından, HC emisyonu azalacaktır. Ancak bu durumda motor performansı olumsuz etkilenmektedir. Sıkıştırma oranının azaltılması sonucu, ayrıca motorun termik veriminde azalma olacağından egzoz gazları sıcaklığı artacaktır. Bu durumda egzoz sistemindeki reaksiyonlar iyileşecek ve HC emisyonu azalacaktır. Aynı zamanda motor verimi de düştüğünden aynı gücü elde etmek için gerekli dolgu miktarı fazlalaştırıldığında özgül HC emisyonu artmış olacaktır. Ayrıca motorun sıkıştırma oranının artışı sonucu sıcaklıkların yükselmesi NO_x emisyonunu da olumsuz etkilemektedir.

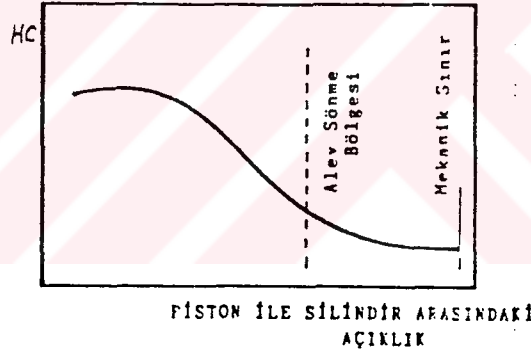
2.3- Yanma Odası Şekli :

Egzoz gazları emisyonu ve motor performansını etkileyen en önemli faktörlerden biri yanma odası şeklidir. Motorun sıkıştırma hacmi sabit tutulduğunda, yanma odası

şekli değiştirilerek Yüzey/Hacim oranı önemli ölçüde değiştirilebilir. Yanma odası şekli yüzey sıcaklıklarını, alev sönme bölgesinin kalınlığını etkileyerek hem HC ve NO_x emisyonunu, hem de motorun vurutuya dayanıklılığını etkiler.

Yanma odası şekli ayrıca türbülans etkilerini belirleyerek karışımın daha iyi oluşmasını, yanma hızının artmasını, alev sönme bölgelerinin azalmasını da sağlamaktadır.

Yanma odasında yanmamış HC oluşumunun kaynaklarından biri de pistonun üst yüzeyi ile kompresyon segmanı arasında kalan piston çevresel boşluğudur. Silindir cidarı ile piston arasındaki açıklığın belirlediği bu hacim alev sönme bölgesi oluşturmaktadır (Şekil-2.3). Bu bölge çok geniş olduğunda pistonun yatay olarak hareketi artacaktır. Bu bakımdan bir mekanik sınır mevcuttur. Alev sönme mesafesinin üzerinde bir uzunluk başlangıçta seçildiğinde, bu mesafe zamanla aşınma sonucu Şekil-2.3'deki eğri üzerinde sağa doğru kayacaktır.



Şekil-2.3 Piston çevresel boşluğunun HC emisyonuna etkisi

2.4- Emme Kanalı Şekli :

Motorlarda karışım ve yanma olaylarının iyileştirilmesi için yanma odası içerisindeki hava hareketlerinin, silindirdeki çevresel gaz akımının ve türbülansın artırılması istenmektedir. Bunu sağlamanın yollarından biri de emme kanalı şeklinin ayarlanmasıdır. Ancak emme kanalı, yanma odasındaki hava hareketlerini artıracak şekilde tasarlandığında motorun volumetrik verimi bir miktar azalacak ve motorun maksimum gücü düşecektir. Bu nedenle, amaca göre durumun optimize edilmesi gerekmektedir.

Özellikle fakir karışımli motorlarda emme kanalı helis şeklinde yapılarak giren dolguya bir dönme hareketi verilmesi yanmanın iyileştirilmesi açısından yararlı olmaktadır. Toyota tarafından geliştirilen Dönme Kontrollü Supap mekanizmasında vakum ile işleyen diyafram kullanılarak, by-pass kanalları düşük güçlerde hava hareketi yaratacak şekilde kapanmakta, motordan fazla güç istenildiğinde ise volumetrik verimi artırmak için kanallar açılmaktadır. Böylece Dönme Oranı, DKS mekanizmasının kapalı olduğu durumda 2.3 iken, açık olduğu durumda 0.5'e düşmektedir. Konvansiyonel emme kanalı tarafından sağlanan Dönme Oranı ise 0.3 mertebesindedir. Dönme Oranının artışı ile NO_x emisyonu ve özgül yakıt tüketimi düşmektedir. Dönme oranının 0-1 arasındaki değerlerinde, ısının açığa çıkış hızı daha fazla olmaktadır. Ayrıca bu durumda maksimum sıcaklık yüksek, özgül yakıt tüketimi az, ısıl verim yüksek, ancak NO_x emisyonu da yüksektir. Düşük dönme oranlarında daha fakir karışımlar ile motoru çalıştırmak mümkün değildir. Dönme oranının 1-2 arasındaki değerlerinde, küçük ölçekli çevriler oluşmaya başladığından, yakıt damlalarının parçalanıp tutuşmayı ve yanmayı kolaylaştırması sözkonusudur. Böylece ısıl verim artmaktadır. Sıcaklık artışı daha az olduğundan NO_x emisyonu ise düşmektedir. Dönme Oranının 2-3 arasındaki değerlerinde ise tutuşma problemleri oluşmaktadır. Bu durumda karışımın daha zenginleştirilmesi gerekeceğinden, yakıt tüketimi artacak, ancak NO_x emisyonu düşük düzeyde olacaktır.

Benzin püskürtmeli sistemlerde, püskürtme zamanı ve emme kanalı şekli ayarlanarak yanma odasında kademeli dolgu elde edilmesi ve emisyon miktarının düşürülmesi, motorun vuruş meyilinin azaltılması ve yakıt tüketimi açısından motor performansının iyileştirilmesi mümkündür. Böylece yanma odasında ortalama olarak sağlanan fakir karışımın avantajları kullanılabilir.

2.5- Ateşleme Sistemi (Buji sayısı, konumu ve çeşitleri) :

Benzin motorlarında açığa çıkan enerji miktarının zamana göre değişimi, alev yayılma hızı ile alevin yüzey alanının çarpımı ile orantılıdır. Yakıtın türü, karışımın özellikleri ve önceki bölümlerde açıklanan Dönme Oranı, türbülans gibi etkenler alev yayılma hızını etkilemektedir. Alev cephesinin yüzey alanında artış ise ek buji

kullanılması sonucu yanmanın çok merkezden başlatılması ile sağlanabilir. Yapılan deneylerde buji sayısının, tek bujiden başlanarak artırılması sonucunda motorun özgül yakıt tüketiminde önce bir iyileşme görülmekte, ancak buji sayısı 6'yı geçtiğinde yakıt tüketiminde tekrar bir artış olmaktadır. Çünkü bu durumda artık vuruntu şartlarına yaklaşılmakta ve soğutma suyuna giden ısı miktarı da artış göstermektedir.

Buji sayısının değişimi aynı zamanda kararlı yanma durumunu da etkilemektedir. Motor momentindeki değişimler buji sayısı arttıkça azalma göstermektedir.

Bu durum fakir karışımlara doğru gidildikçe daha da belirgin olmaktadır, çünkü fakir karışımlarda yanma hızı düştüğünden p-V diyagramı değişmekte ve çevrimden-çevrime olan farklılıklar artmaktadır. Buji sayısının değişmesi yanma süresini ve motorun ısı dengesini de önemli ölçüde etkiler. Dönme Oranının artması da ek olarak yanma zamanını kısaltıcı etki etmekte, ancak soğutma suyuna giden ısı kayıplarını arttırmaktadır. Tek buji kullanılan motorlarda ise Dönme Oranının artışı soğutma suyuna giden ısı kaybını arttırmakta ancak termik verim de birlikte artmaktadır.

Bu değişimler HC emisyonunu da etkilemektedir. Çok sayıda ve yanma odasına yayılmış buji kullanıldığında alev sönme bölgesi azalmakta ve HC emisyonu da düşmektedir.

Ancak vuruntu dayanıklılığı bakımından bujiler alev sönme bölgesinden uzak konumda bulunmalıdır, çünkü bu bölgede Hacim/Yüzey oranı fazla olduğundan yeterli soğutma zaten yapılmaktadır ve kendi kendine tutuşma tehlikesi yoktur.

Buji sayısının artırılması HC emisyonunu azaltırken, NO_x emisyonunu da arttırmaktadır. Yanmanın iyileşmesi, termik verimin artması ve birim zamanda açığa çıkan ısı miktarının artması motor performansını artırırken NO_x emisyonu açısından olumsuz etki yapmaktadır.

Konvansiyonel buji yerine, geliştirilmiş bir buji denendiğinde tutuşmanın iyileştiği görülmektedir. Bu uygulamada, alevin merkezi yanma odası cidarından uzaklaştırılmakta, cidarlara olan ısı kaybı azalmakta ve tutuşma kolaylaşmaktadır. Bu durum motorun daha fakir karışım ile çalışmasına olanak sağlayacak ve özgül yakıt tüketimini de azaltacaktır. Ancak bu sistemde NO_x emisyonu artış göstermiştir.

3. ÇALIŞMANIN YAPILIŞINA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Motor yanma odası ana yanma odası dışında birçok küçük hacimlerden oluşmuştur ve bu hacimler dar kanallarla ana yanma odasına bağlantılı durumdadırlar. Motorun çalışması esnasında silindir iç basıncına bağlı olarak, küçük hacimlere doğru veya bu hacimlerden ana yanma odasına doğru gaz akışları meydana gelir. Bu hacimlerin en büyüğü piston birinci kompresyon segmanı ve silindir cidarı arasında oluşur. Bu üst segman hacmi olarak adlandırılır.

Doğal olarak motor ısındıkça, genişlemeye bağlı olarak bu hacimler küçülür ve silindirdeki aşınmalar arttıkça da hacimler büyür. Bu hacimlerin Yüzey/Hacim oranları büyük olduğundan buralara giren yakıt-hava karışımı meydana gelen fazla ısı kaybı sonucunda soğur ve sıcaklığı cidar sıcaklığına yaklaşır. Bunun sonucunda bu bölgeye ulaşan alev, yüksek ısı transferi sonucu söner ve küçük hacimlerde bulunan yakıtın büyük bir kısmı yanmaya katılmadığından yanmamış Hidrokarbon olarak kalır ve egzoz sürecinde ana yanma odası basıncının düşmesi ile ana yanma odasına geçerek yanmamış hidrokarbon emisyonunun artmasına neden olur.

Genelde, dört stroklu taşıt motorlarında yanmamış hidrokarbonların oluşumunun ana kaynağı cidardaki alev sönmesi sonucu oluşan hidrokarbonlardır. Motorda yanma olayının fotoğraflarının çekilmesi sonucu, cidarlara yakın, yaklaşık 0.008-0.038 cm'lik bir bölgede hiç yanma olmadığı görülmüştür. "Alev Sönme Bölgesi" olarak adlandırılan bu soğuk cidar bölgesindeki ısı kayıpları, karışım sıcaklığının tutuşma sıcaklığının altına düşmesine neden olmakta ve ayrıca zincir reaksiyonlarını kırarak da yanma olayını engellemektedir. Alev sönme bölgesi kalınlığı, karışım sıcaklığı, basınç, karışım oranı, cidar sıcaklığı, cidar malzemesi ve cidar üzerindeki birikimlerin etkisi gibi faktörlere bağlıdır (Soruşbay, 1989).

Bu çalışmada, üst segman hacminin yanmamış hidrokarbon emisyonlarına etkisi üst yüzeyleri yeniden şekillendirilen dört adet piston kullanılarak incelenmiştir. Yeniden şekillendirilen her piston için sıkıştırma oranı sabit tutulmuş ve bu bölgedeki

Yüzey/Hacim oranı değiştirilerek, Yüzey/Hacim oranının yanmamış hidrokarbon emisyonları üzerine etkisi ve minimum hidrokarbon belirlenmeye çalışılmıştır.

3.1- Deney Düzeneginin Tanıtımı:

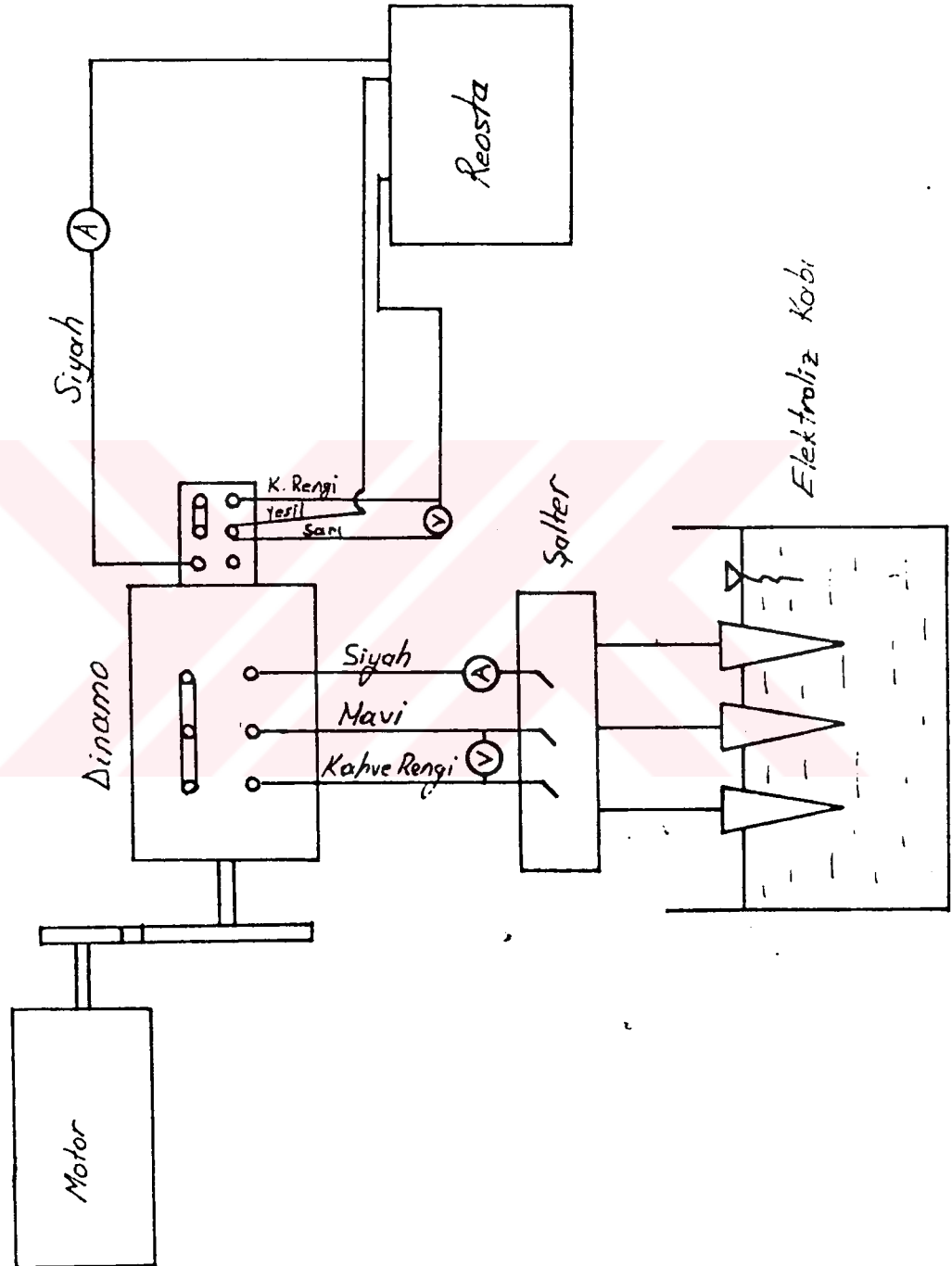
Deneyde kullanılan düzenek temel olarak iki ana elemandan oluşmaktadır. Bunlar, stasyonere Otto motoru ve yükleme düzenegidir. Deney düzenegi Şekil-3.1'de gösterilmiştir. Deneyde kullanılan cihazlar sırasıyla şöyledir.

- 1- İçten yanmalı motor,
- 2- Yükleme düzeni,
- 3- Gaz analiz cihazı,
- 4- Yardımcı gereçler (terazi, termometre, printer vb.)

3.1.1- İçten Yanmalı Motor:

Marka	: Lombardini
Tipi	: LA-250
Silindir adedi	: 1
Silindir Hacmi	: 252 cm ³
Silindir Çapı	: 72 mm
Strok	: 62 mm
Max. Devir	: 3600 d/d
Max. Tork	: 1.34 kgm
Max. Güç	: 4.5 BG (DIN 6270)

LA-250 motoru hava soğutmalı, karbüratörlü bir motor olup orjinal motorun sıkıştırma oranı 5 tir. Fakat özel olarak üst ve yan yüzeyleri yeniden işlenmiş dört adet pistonun kullanılması ile motorun sıkıştırma oranı 4,75'e düşmüştür. Bunun nedeni de motor ana boyutlarının değiştirilmeden pistonlarda değişikliklerin yapılmış olmasıdır.



Şekil-3.1 Deney düzeneğinin şematik şekli

Deneye başlamadan önce piston yüzlerinden kaldırılan hacim sonucu sıkıştırma oranı ve buna bağlı olarak motor gücü ve momentinde bir miktar düşüş olmuştur. Ayrıca her deneyde aynı yağ sıyırıcı ve kompresyon segmanları kullanılmıştır ve bu sayede her deneyde ki kartere üfleminin aynı değerde olması sağlanmıştır.

3.1.2- Gaz Analiz Cihazı:

Marka : SUN
 Tipi : Modular
 Model : MGA-1200

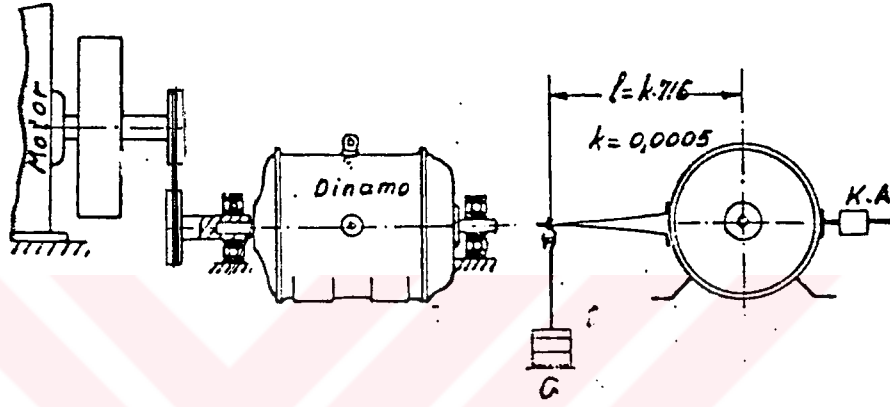
Bu cihaz deney esnasında motorun egzoz'undan çıkan egzoz gazlarındaki CO, CO₂, HC, O₂ ve hava fazlalık katsayısı gibi değerlerin yanı sıra buji kablosundan alınan sinyallerle de motor devir sayısını ölçmemize ve ölçümü yapılan andaki değerlerin bir bilgisayar aracılığı ile kâğıda aktarmamıza olanak tanıyan dijital bir cihazdır. Cihaz üzerindeki bir prob vasıtasıyla egzoz kanalının 20 cm mesafeden emilen egzoz gazları içindeki emisyonları analiz eder.

3.1.3- Yükleme düzeni:

Tip : Elektrodinamometre

Stasyonel motorlar için kullanılan DIN 6270 standartlarına uygun, motorun karakteristik büyüklüklerinin (M_d , N_e , P_{me} , b_e , η_t) bulunabilmesi ve motoru istenilen şekilde, maksada uygun olarak yükleyebilmek için kullanılan bir dinamodur. Elektro dinamometrelerde, deneyi yapılacak motor dinamonun rotorunu çevirir. Motor ve dinamo bir kayış kasnak sistemiyle birbirlerine bağlıdırlar. Dinamo her iki ucundan rulmanlı yataklarla yataklandırılmıştır. Bu yataklar sayesinde dinamo askıya alınmıştır ve bu sayede stator ve dinamo gövdesi, dinamo mili etrafında rahatlıkla salınım yapabilmektedir. Dinamo gövdesi üzerinde ayrıca bir kol mevcuttur ve bu kolun ucu bir teraziye basmaktadır. Bu sayede motorun ilettiği moment bulunabilmektedir. Ayrıca

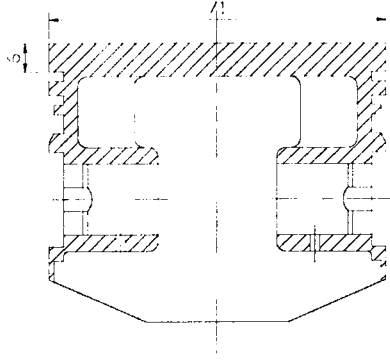
dinamo trifaze elektrik akımı üretmektedir. Üretilen bu elektrik akımı motoru yüklemek için kullanılan düzeneğe kablolarla bağlanmıştır. Dinamonun motoru yüklemesi, üretilen elektrik akımının elektroliz yolu ile harcanmasıyla olur. Motor momenti ve gücü, mekanik ve elektriksel veriler kullanılarak aynı anda iki yöntemle ölçülmektedir. Bu şekilde ölçüm hataları en aza indirilmeye çalışılmıştır. Elektro dinamometre Şekil-3.2’de görülmektedir.



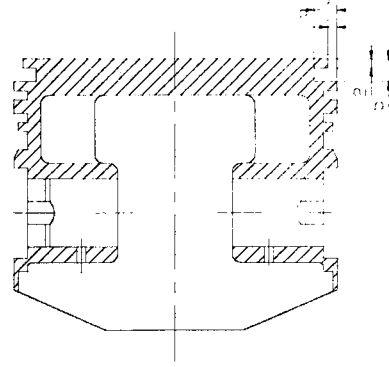
Şekil-3.2 Elektro dinamometre

3.2- Deneğin Yapılışı:

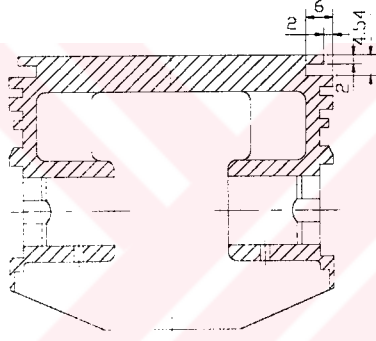
Denyde kullanılacak pistonlar Lombardini fabrikası tarafından temin edilmiş ve deneyde kullanılabilecek şekle Yıldız Teknik Üniversitesi lâboratuarlarında işlenerek getirilmiştir. Motordaki sıkıştırma oranının sabit kalabilmesi için piston yüzlerinden aynı hacim kaldırılmış ve değişik formlar verilmiştir. Motorun orjinal değerlerinin alınabilmesi için pistonlardan birinin sadece piston yüzünden talaş kaldırılmıştır. Böylece, pistonların yeniden şekillendirilmesinden sonra motorun sıkıştırma oranı 4,75:1 düşmüştür. Pistonlar Şekil-3.3’te görülmektedir.



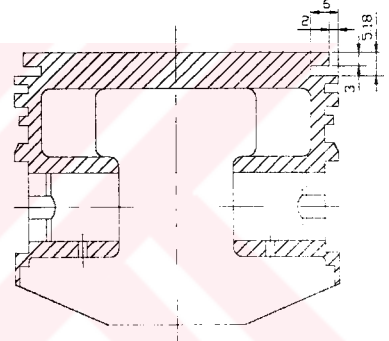
1 Nolu piston



2 Nolu piston



3 Nolu piston

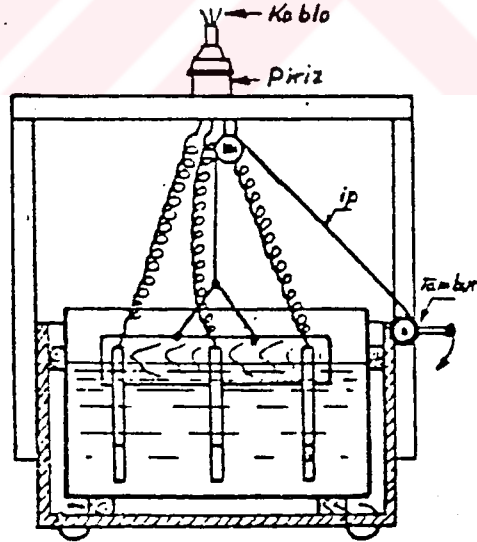


4 Nolu piston

Şekil-3.3 1,2,3 ve 4 Nolu Deney Pistonları

Deneye ilk olarak 1 nolu pistonun motora takılmasıyla başlanılmıştır. Deneyde kullanılan SUN MGA-1200 tipi gaz analiz cihazının kalibrasyon süresi olan onbeş dakika tamamlandıktan sonra cihazın deneyin yapılacağı ortama, kullanılan normal benzine göre uygun model seçimi yapılmıştır. Daha sonra veri olarak hava fazlalık katsayısının seçimi yapılarak cihaz deneye hazır hale getirilmiştir. Deneyde kullanılan Lombardini LA-250 motoru her deney öncesi yarım saat relantide çalıştırılarak rejim hale getirilmiştir ve deneyler DIN 6270 standardına uygun olarak yapılmıştır.

Deneyleerde motor üst hız sınırı olan 4000 d/d (tam gaz boşta çalışma) konumuna getirildikten sonra yükleme işlemine geçirilmiştir. Yükleme düzeneği Şekil-3.4'te görülmektedir. Yükleme işlemi, dinamonun ürettiği elektrik enerjisinin elektroliz yoluyla harcanmasıyla yapılmaktadır. Motor maksimum devirdeyken yükleme düzeneğinde bulunan elektrodlar yavaş yavaş suyun içine daldırılarak yükleme işlemine geçilir. Her yükleme kademesinde motorun yeni işletme şartında kararlı çalışmaya geçmesi beklenir. Elektrodlar suyun içine girdiklerinde elektroliz işlemi başlamakta ve dinamodan çekilen elektrik miktarında artmaktadır. Böylece rotor ile stator arasında oluşan manyetik alan şiddetine göre moment kolunun altındaki baskülden kuvvet okunur. Bu işlemler sırasında, egzoz kanalından numune alınmış ve gaz analiz cihazından motor hızı, CO, CO₂, HC, hava fazlalık katsayısı, kontrol panelinden de ikaz ve güç devresi gerilim ve akımı okunmuştur. Ayrıca, depo ile motor arasında yerleştirilmiş üç yollu vana ile kontrol edilen bir yakıt sistemi kontrol hacminden yakıtın harcanma süresi ölçülmüştür. Yakıt sistemi kontrol hacmi hacimsel metot ile yakıt hacmini ölçmemize yardım eder.



Şekil-3.4 Motor Yükleme Düzeneği

Yükleme işlemi elektrodlar çeşitli kademelerde suya daldırılarak, motor devri katalog değerlerine ulaşınca kadar devam ettirilir ve her piston için deney üç kez tekrarlanmıştır. Alınan sonuçlar karşılaştırılarak ölçümlerin doğruluğu kontrol edilmiştir. Piston değişim işlemlerinden sonra motor altı saatlik süreler ile çalıştırılarak normal çalışmasına geçtikten sonra yeni deneylere geçilmiştir.

3.2.1- DIN 6270'e Göre Performans Deneyinde Kullanılan İfadeler a- Düzeltme Katsayılarının (α, β) Hesabı:

$$\alpha = K + 0.7(K - 1) \left(\frac{1}{\eta_m} - 1 \right) \quad (3.1)$$

$$K = \left(\frac{T_0}{T} \right)^{0.75} \left(\frac{B_0 - \varphi \cdot P_D}{B_0 - \varphi_0 P_{D0}} \right) \quad (3.2)$$

η_m = deneyde kullanılan motorun mekanik verimi (%) (0.80~0.85)

$\eta_m = 0.85$ alınmıştır.

T_0 = Standart ortam sıcaklığı

$T_0 = 273 + 20 = 293$ °K

T = Deney yapılan ortamın sıcaklığı (Deney sırasında termometreden okunur)

B = Deney yapılan ortamın hava basıncı (mm Hg)

Lâboratuar deniz seviyesinden 101 m yükseklikte olup,

$B = 760 - 101/10.5 = 750.38$ mm Hg

B_0 = Standart ortamın hava basıncı (736 mm Hg)

φ_0 = Standart ortamın bağıl nemi (60 %)

P_D = Deney yapılan ortamda havadaki su buharının doyma basıncı (mm Hg)

tablodan okunur.

P_{D0} = Standart ortamda havadaki su buharının doyma basıncı (17.529 mm Hg)

$$\beta = K/\alpha \quad (3.3)$$

Tablo-3.1 Sıcaklığa Bağlı Havadaki Su Buharının Doyma Basıncı (atm)

Ortam Sıcaklığı (°C)	Subuharının Doyma Basıncı (atm)
5	0.00889
10	0.012512
12	0.01429
14	0.016288
16	0.018526
18	0.02103
20	0.02383
22	0.02694
24	0.03041
26	0.03426
28	0.03853
30	0.04325

b- Motor Fren Momentinin Hesabı:

$$M_d = F.L \quad (N) \quad (3.4)$$

F : Fren kuvveti (N), deney sırasında baskülden okunur.

L : Moment kolu (0.71 m)

$$M_{do} = M_d/\alpha \quad (Nm) \quad (3.5)$$

M_{do} : standart ortama indirgenmiş motor momenti (Nm)

c- Özgül Yakıt Sarfiyatının Hesabı:

$$b_e = \frac{V \cdot \rho_y \cdot 3600}{t \cdot N_e} \quad (\text{g/kW.h}) \quad (3.6)$$

V : Kontrol hacmi (20 cm³)

ρ_y : yakıtın özgül kütlesi (0.832 g/cm³)

t : Kontrol hacmindeki yakıtın harcanma süresi (s), deney sırasında okunur.

$$b_{e0} = b_e / \beta \quad (\text{g/kW.h}) \quad (3.7)$$

b_{e0} = Standart ortama indirgenmiş özgül yakıt sarfiyatı (g/kW.h)

d- Termik Verim Hesabı:

$$\eta_t = \frac{860}{b_e \cdot 10^{-3} \cdot Hu} \quad (\%) \quad (3.8)$$

Hu : Yakıtın alt ısıl değeri (Hu=10000 kcal/kg)

$$\eta_{t0} = \eta_t \cdot \beta \quad (3.9)$$

η_{t0} : Standart ortama indirgenmiş termik verim (%)

e- Ortalama Efektif Basıncın Hesabı:

$$P_{me} = 0.1257 \frac{Md}{\sum V_H} \quad (\text{bar}) \quad (3.10)$$

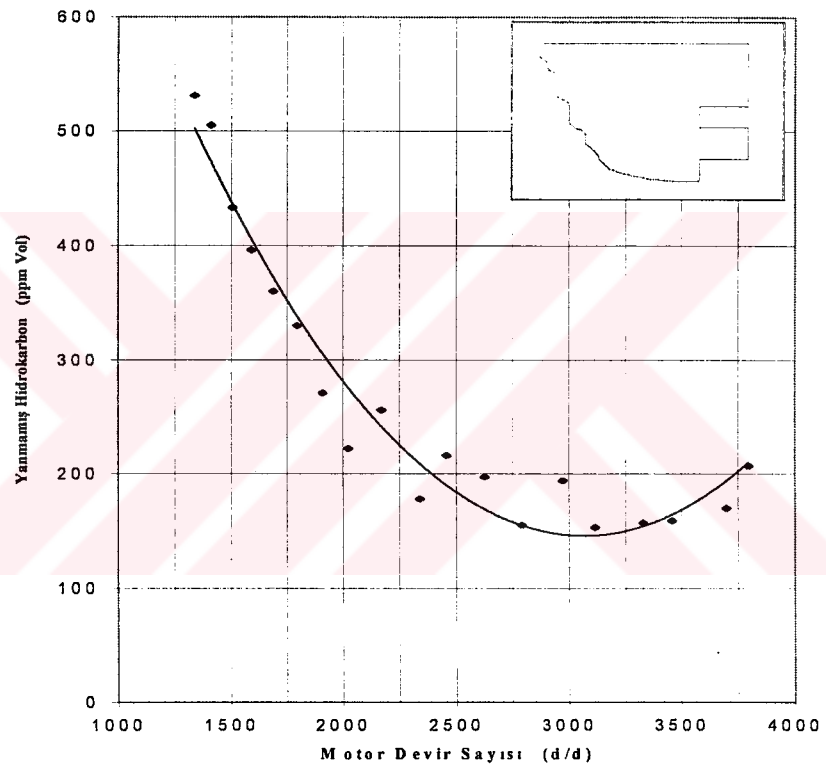
$\sum V_H$: Toplam strok hacmi ($\sum V_H = 0.252$ l)

$$P_{me0} = P_{me} / \alpha \quad (\text{bar}) \quad (3.11)$$

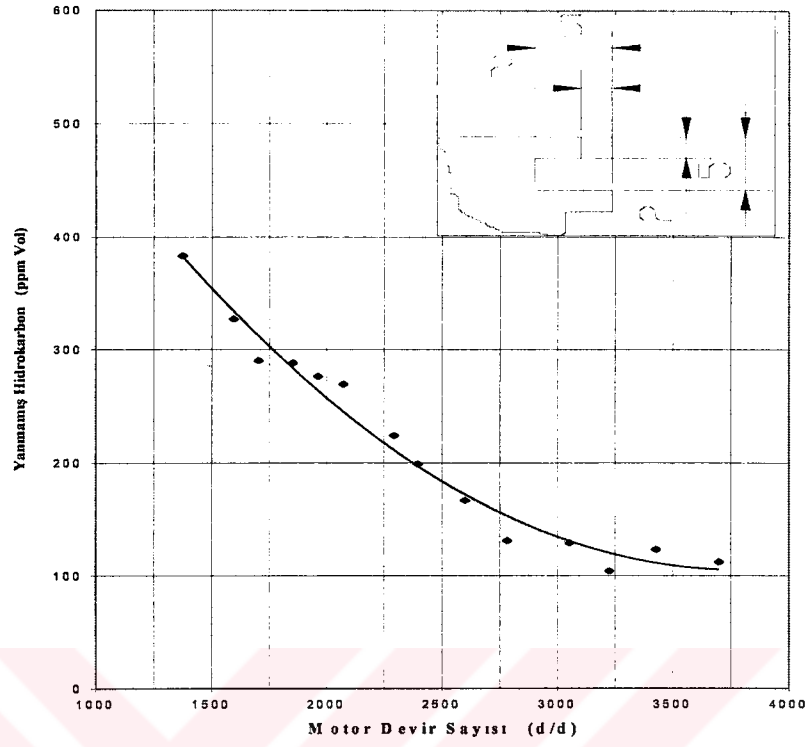
P_{me0} : Standart ortama indirgenmiş ortalama efektif basınç (bar)

3.3- DeneY Sonuçları:

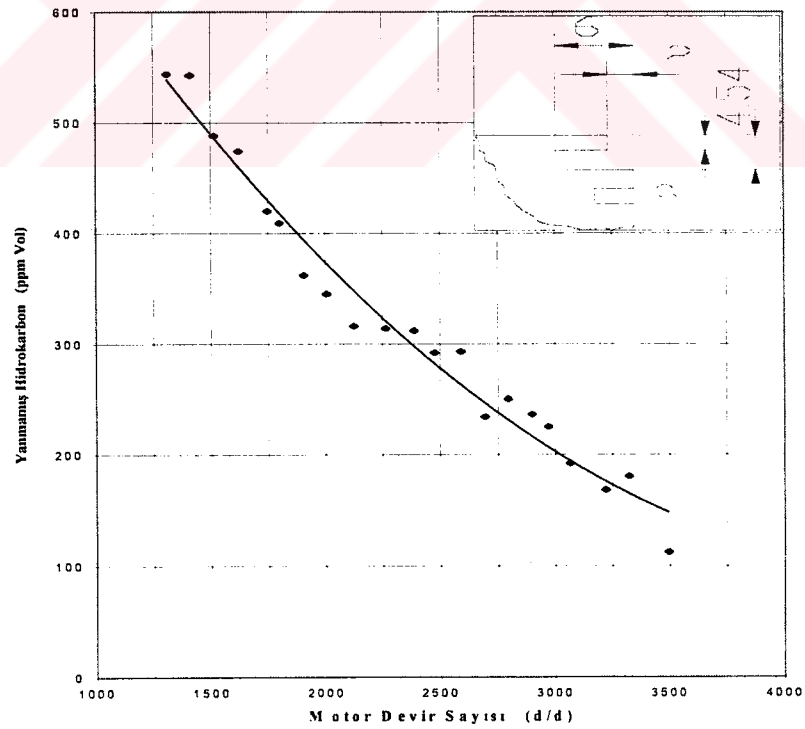
DeneYden alınan sonuçlar Şekil-3.11 ve 3.45 arasında grafik olarak verilmiştir. Şekil-3.5,6,7,8'de ise deneYde kullanılan pistonlara ait yanmamış Hidrokarbon konsantrasyonunun motor devir sayısına göre aldığı değerler gösterilmiştir.



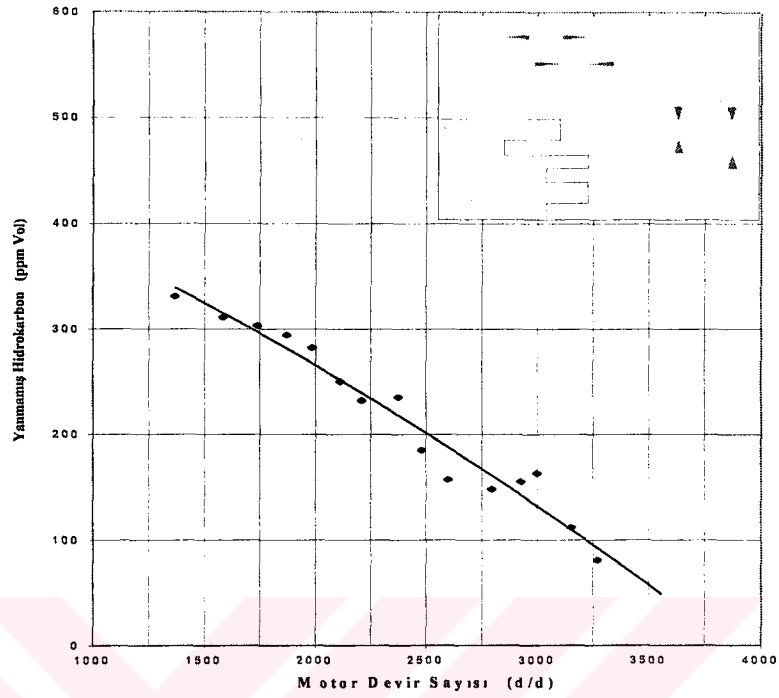
Şekil-3.5 1 nolu pistonla ait motor devir sayısı - Yanmamış HC diyagramı



Şekil-3.6 2 nolu pistona ait motor devir sayısı - Yanmamış HC diyagramı



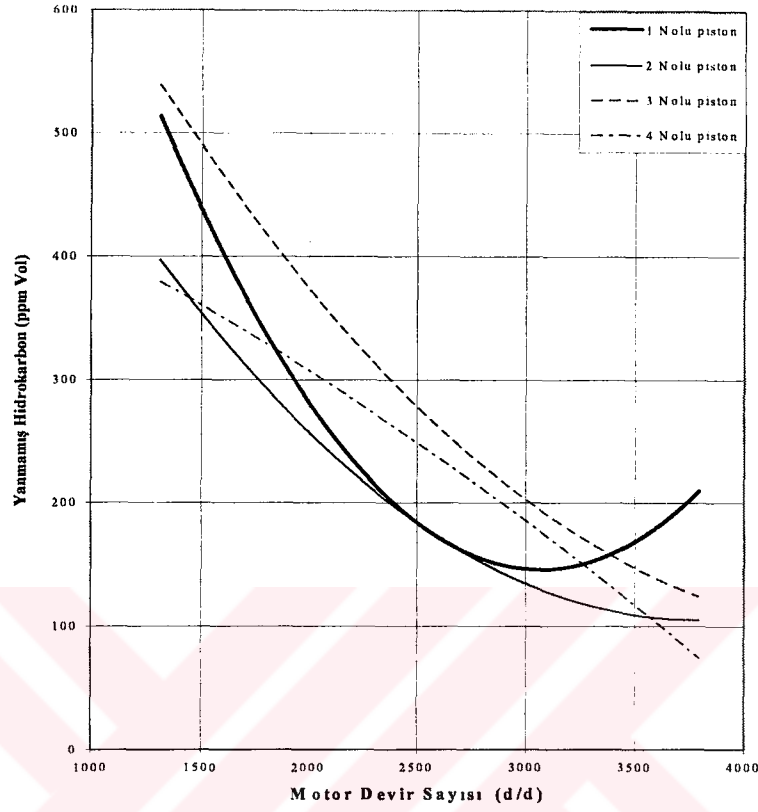
Şekil-3.7 3 nolu pistona ait motor devir sayısı - Yanmamış HC diyagramı



Şekil-3.8 4 nolu pistona ait motor devir sayısı - Yanmamış HC diyagramı

Yanmamış hidrokarbon konsantrasyonunun denenmiş her pistonda düşük devirde yüksek olduğu, yüksek devirlerde ise azaldığı görülmüştür. 1 nolu pistonda yanmamış hidrokarbon konsantrasyonu düşük devirde yüksek olduğu, maksimum güç civarında ise minimumdan geçtiği bu noktadan sonra tekrar yükseldiği görülmüştür. Ayrıca 1 nolu pistonun hidrokarbon konsantrasyonu değişimi motorun maksimum gücü sağladığı çalışma aralığında (3000-4000 d/d) diğer pistonlara göre daha yüksektir.

Özel olarak imal edilmiş pistonlarda hidrokarbon konsantrasyonunun azaldığı ve yanmamış hidrokarbon eğrisinin yüksek motor devir sayılarına doğru ötelendiği görülmüştür. Deneyde kullanılan dört pistonun yanmamış hidrokarbon diyagramlarının karşılaştırılması Şekil-3.9'da görülmektedir.



Şekil-3.9 Deney pistonlarının yanmamış HC konsantrasyonu değişimi

3.4 Deney Sonuçlarının İrdelenmesi:

Bu çalışmada kullanılan pistonlara Şekil-3.3'te gösterilen formlar, elde bulunan imkanlarla verilmeye çalışılmıştır. Günümüze kadar yapılan deneylerde kullanılan motorlarda, silindir içerisinde kademeli dolgu yaratabilmek amacıyla motorun emme düzeninde değişiklikler yapılmış kademelendirme için motorun doğal emişinden başka silindir içine ikincil hava gönderilerek buji etrafında zengin karışım, pistonu yakın bölgelerde ve dengeleme odasında ise fakir karışım yaratılmıştır. Bu çalışmada ise motor emiş düzeninde hiçbir değişiklik yapılmamış, sadece stasyon motorlarda piston formları sayesinde yanma odasındaki değişikliklerin egzoz emisyonları ve motor performansı üzerine etkileri incelenmiştir.

Deneyde kullanılan özel olarak imal edilmiş pistonlarla yapılan çalışmaların sonuçları Şekil-3.11 ve 3.45 arasında grafiklerle gösterilmiştir. Pistonlara verilen formlar sayesinde üst segman hacminin Yüzey/Hacim oranları azaltılmış ve buna bağlı olarak yanmamış hidrokarbon miktarının da azaldığı görülmüştür.

3.4.1- Emisyonlar Yönünden İnceleme:

Deneyde kullanılan pistonlarda 1. kompresyon segmanı üzerinde bir kanal oluşturularak üst segman hacminin artırılması sağlanmış ve bu sayede Yüzey/Hacim oranı azaltılmıştır. Yüzey/Hacim oranının azaltılması bu bölgedeki silindir cidarına olan ısı kayıplarını azaltarak yanmamış HC konsantrasyonunun düşmesine yol açar. Bu durum yapılan deneylerden alınan sonuçlarla Tablo-3.2’de gösterilmiştir.

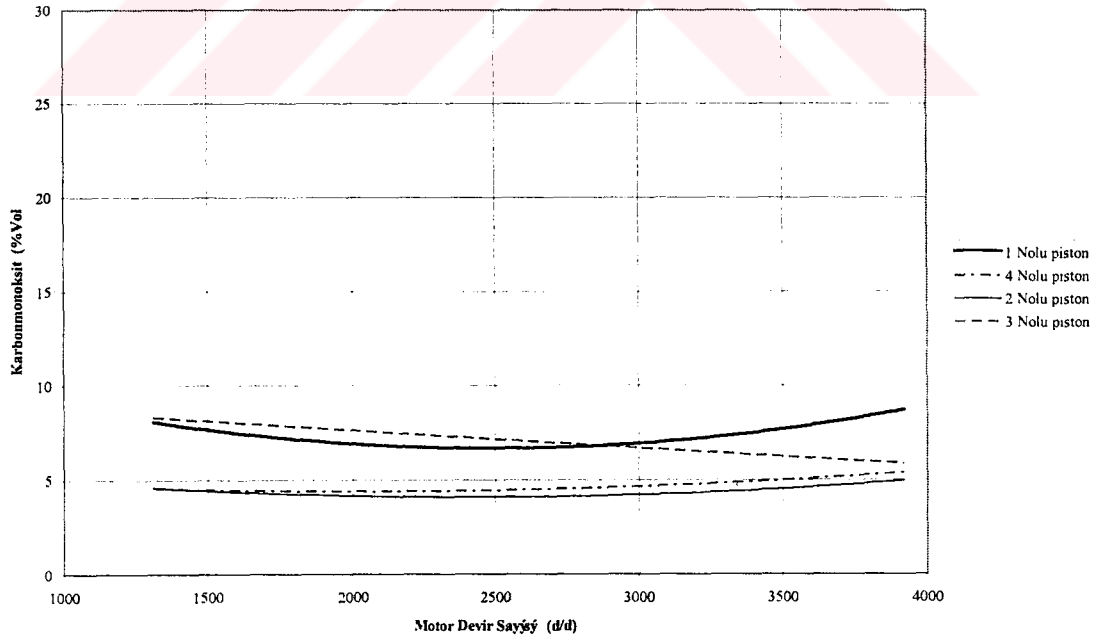
Tablo-3.2 Yüzey/Hacim oranlarının pistonlara göre değişimi

	1. Piston	2. Piston	3. Piston	4. Piston
Yüzey/Hacim mm ² / mm ³	4	0.98	1.058	1.06
Minimum HC miktarı (ppm Vol)	153	104	112	112
Minimum HC emisyonu azalması (%)	-	32	26.8	26.8
Motor devir sayısı (d/d)	3115	3226	3496	3558

Tablo-3.2’den de görüldüğü gibi Yüzey/Hacim oranı en düşük olan piston 2 nolu pistondur. Ayrıca bu durum HC konsantrasyonuna da yansımış ve deneyden elde edilen sonuçlarda yanmamış HC oranları en düşük olan pistonun 2 nolu piston olduğu görülmüştür. 3 ve 4 nolu pistonlar farklı formlarda olmalarına rağmen Yüzey/Hacim oranları hemen hemen aynıdır. 3 ve 4 nolu pistonların Yüzey/Hacim oranları 1 nolu pistonla göre düşük olmasına karşın yanmamış HC oranları 1 nolu pistonun HC oranına göre düşük devir sayılarında yüksek, yüksek devir sayılarında ise daha düşüktür. 1 nolu

pistonun yanmamış HC eğrisi motor çalışma aralığında bir minimumdan geçtikten sonra yüksek devirlerde arttığı görülmektedir. Halbuki diğer pistonların HC eğrilerinin minimum noktalarının, motor çalışma aralığındaki devir sayısından daha yüksek devir sayılarına doğru ötelendiği gözlenmiştir. Bundan da anlaşılıyor ki, yüksek devir sayılarında artan hava hareketleri sonucu ve yanmanın tamamlanması için gereken sürenin yetersizliği sonucu, artması gereken yanmamış HC konsantrasyonunun bu tür konstrüksiyonlar sayesinde azaltılabileceğidir.

Şekil-3.11 ve 3.45 arasında verilen grafiklerden CO konsantrasyonu eğrileride incelenecek olursa, 2 ve 4 nolu pistonların CO konsantrasyonunun 1 nolu pistonun CO konsantrasyonundan düşük olduğu, 3 nolu pistonun CO konsantrasyonunun ise 1 nolu pistonun CO konsantrasyonu ile yaklaşık seviyelerde olduğu görülür. Grafiklerde CO konsantrasyonu eğrilerinin, motorun her devir sayısında fazla bir değişim göstermediği, yaklaşık olarak aynı kaldığı gözlenmiştir. Buradan anlaşılacağı gibi CO konsantrasyonu motorun devir sayısına bağlı olmadığı görülmektedir. CO konsantrasyonunun motor devir sayısına göre dağılım değerlerini gösteren grafik Şekil-3.10'de görülmektedir.



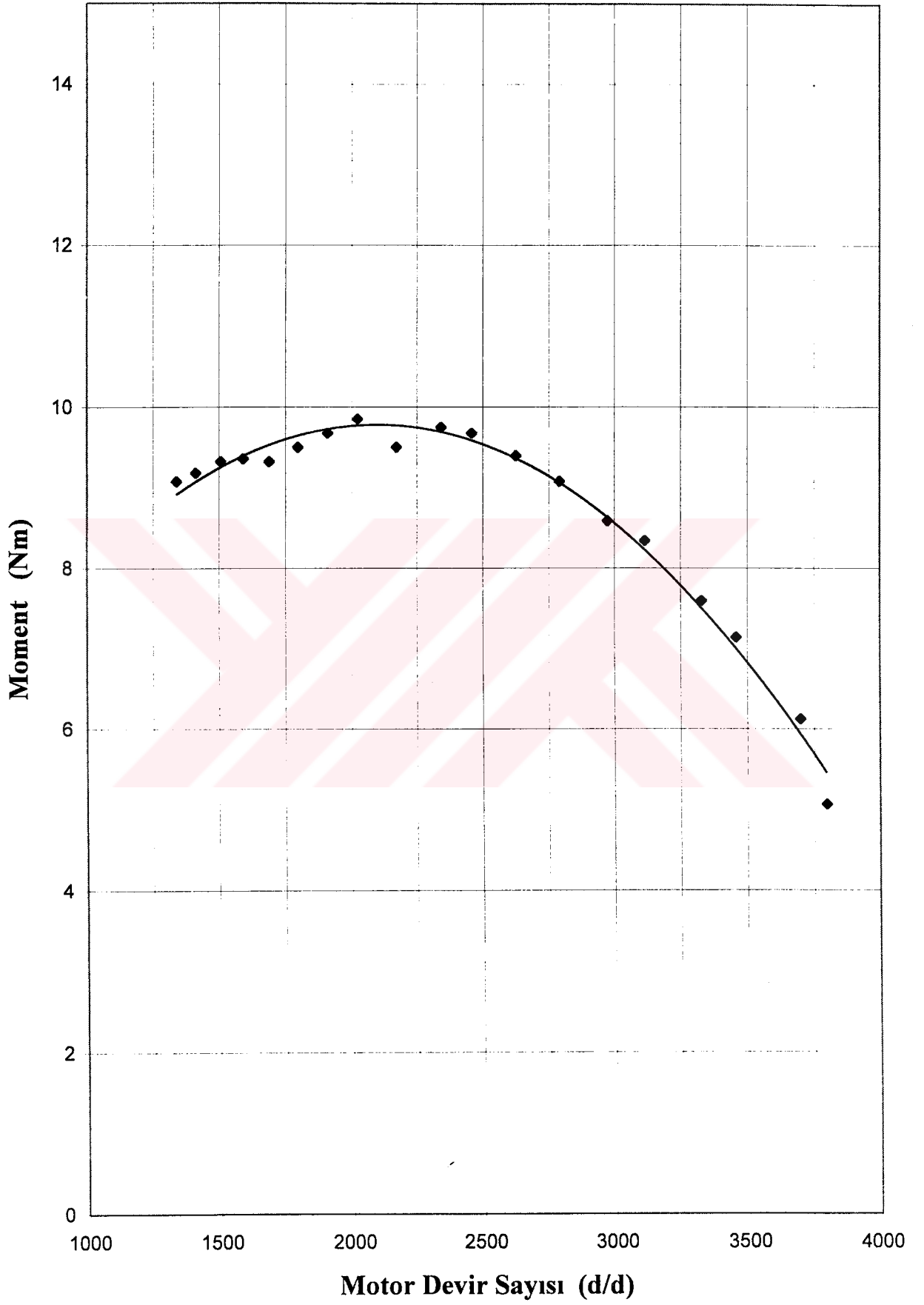
Şekil-3.10 CO konsantrasyonu ortalama değerleri

3.4.2- Motor performansı yönünden inceleme:

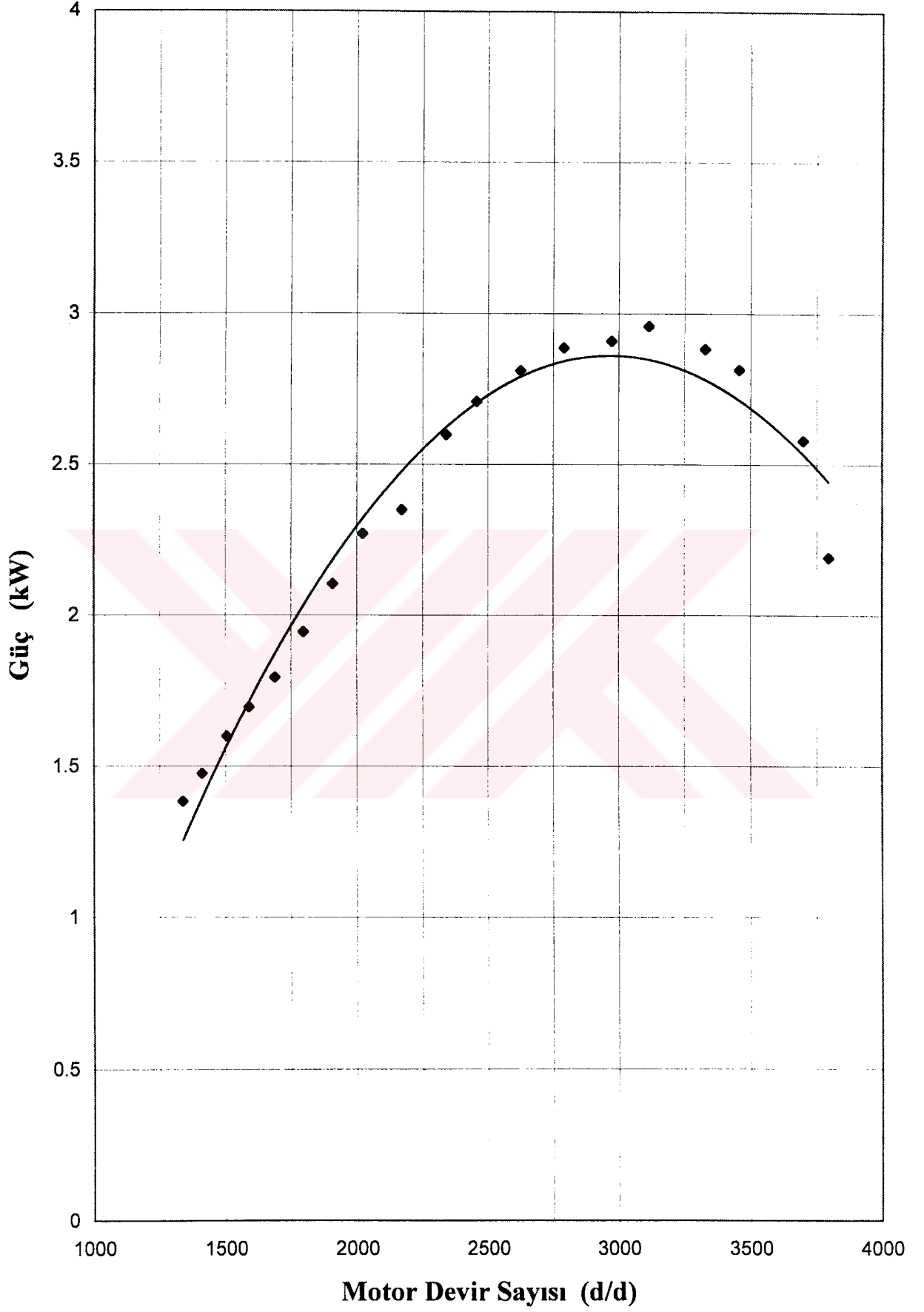
Motor performans eğrilerine bakılacak olursa, 2 nolu pistonun moment eğrisinin tepe noktasının diğer pistonların eğrilerinin tepe noktaları ile hemen hemen aynı değerde olduğu fakat yüksek devirlerde diğer pistonların moment eğrilerinin üzerinde bir değer aldığı görülür. Ayrıca verimi en yüksek, özgül yakıt sarfiyatı en az olan pistonda 2 nolu pistondur.

3 nolu pistonun özgül yakıt sarfiyatı eğrisi, motorun maksimum momenti elde ettiği devir sayılarında 1 nolu pistonun özgül yakıt sarfiyatı eğrisinin üzerinde, fakat yüksek devir sayılarında 1 nolu pistonun özgül yakıt sarfiyatı eğrisinin altında ki değerlere inmektedir. 3 nolu pistonda yüksek devir sayılarında güç bakımından en iyi performansı göstermiştir. Yüksek devirlerde yanmamış HC konsantrasyonundaki azalma, özgül yakıt sarfiyatında da bir azalmaya, moment ve güç eğrilerinde ise bir artmaya yol açmıştır. Buradan da anlaşılıyor ki 3 nolu pistonda yanma verimi artmıştır.

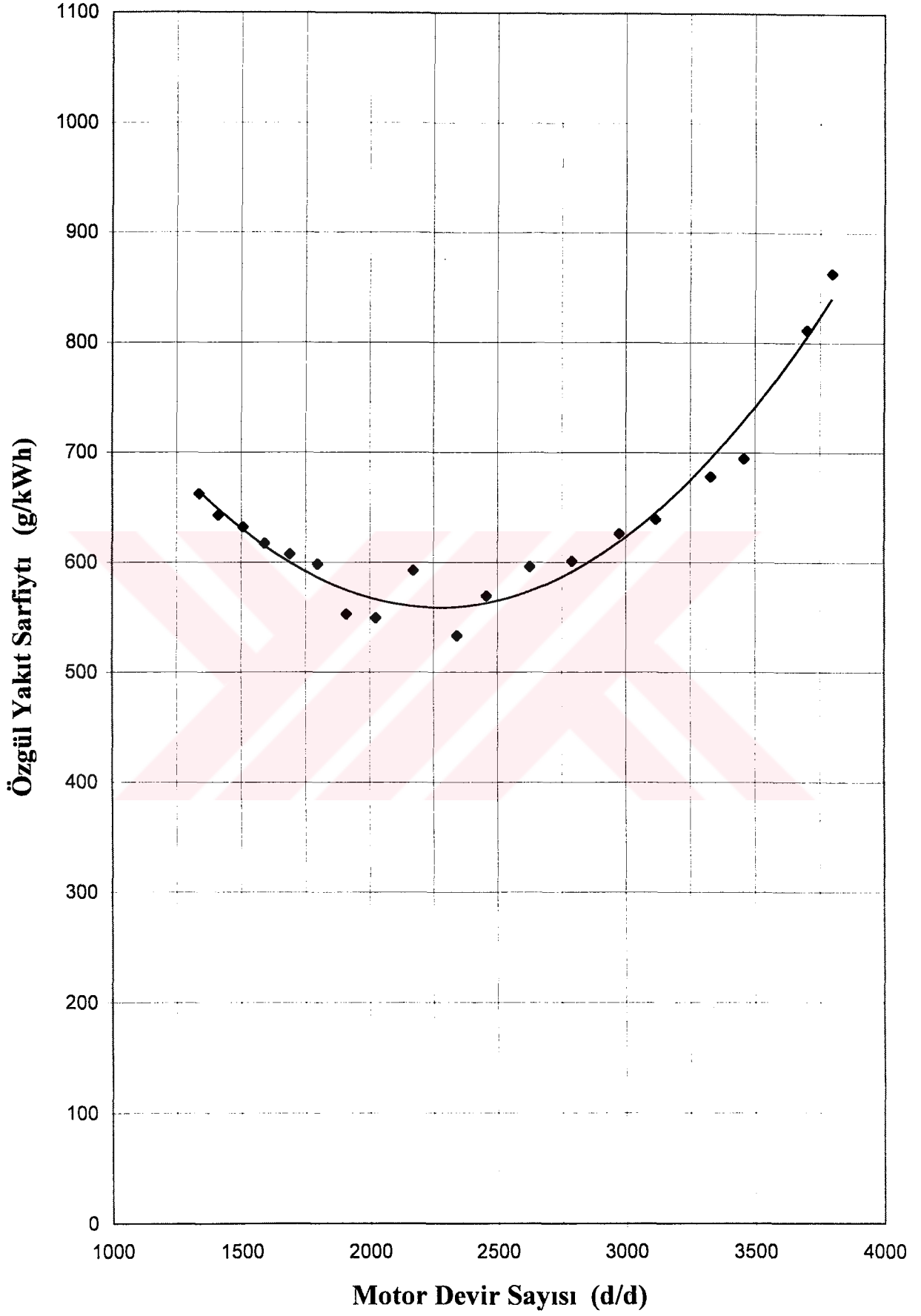
4 nolu pistonun yanmamış HC miktarı yüksek devir sayılarında azalmasına karşılık bu durum motor performansında kendini pek gösterememiştir. Motorun düşük devir sayılarında özgül yakıt sarfiyatı eğrisi 1 nolu pistonu göre düşük durumdadır. Yüksek devir sayılarında ise 1 nolu pistonu ait eğrinin üzerinde bir değere çıkmaktadır. Moment eğrisinin tepe noktası 1 nolu pistonun tepe noktası ile yaklaşık olarak aynı olmasına rağmen, motorun düşük ve yüksek devir sayılarında bu eğrinin altında kalmıştır. Halbuki yüksek devirlerde yanmamış HC konsantrasyonunun azalması, özgül yakıt sarfiyatında da bir azalma göstermesi gerekirdi. 4 nolu pistonda bu sonuçların çıkması, 4 nolu pistonla yapılan deneyler esnasında motorun karbürasyon sisteminde bir arızanın oluşması ve arızanın giderilmesi esnasında karbüratör ayarlarının değişmesinden kaynaklanmış olabilir.



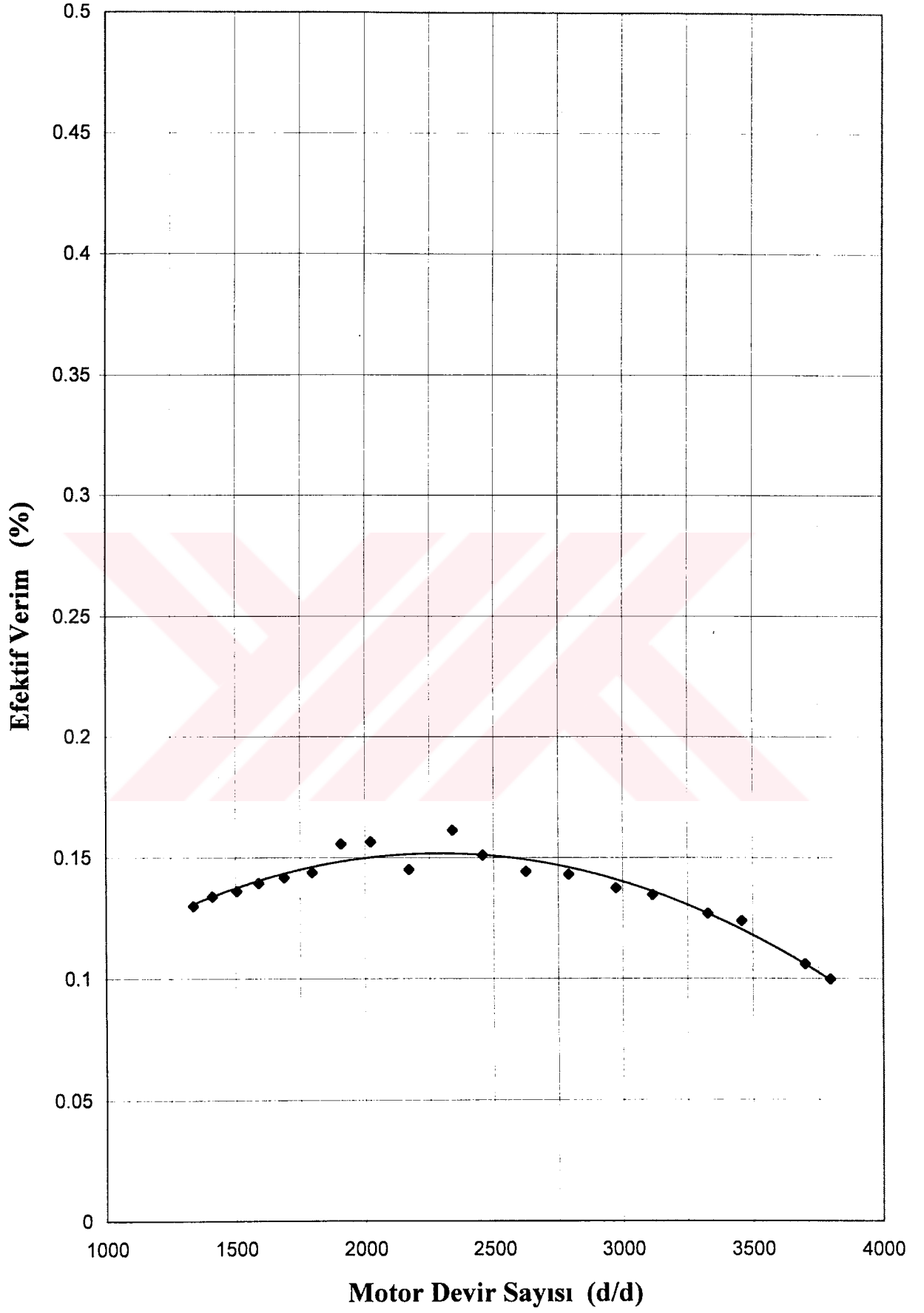
Şekil-3.11 1 Nolu pistonun ait Moment eğrisi



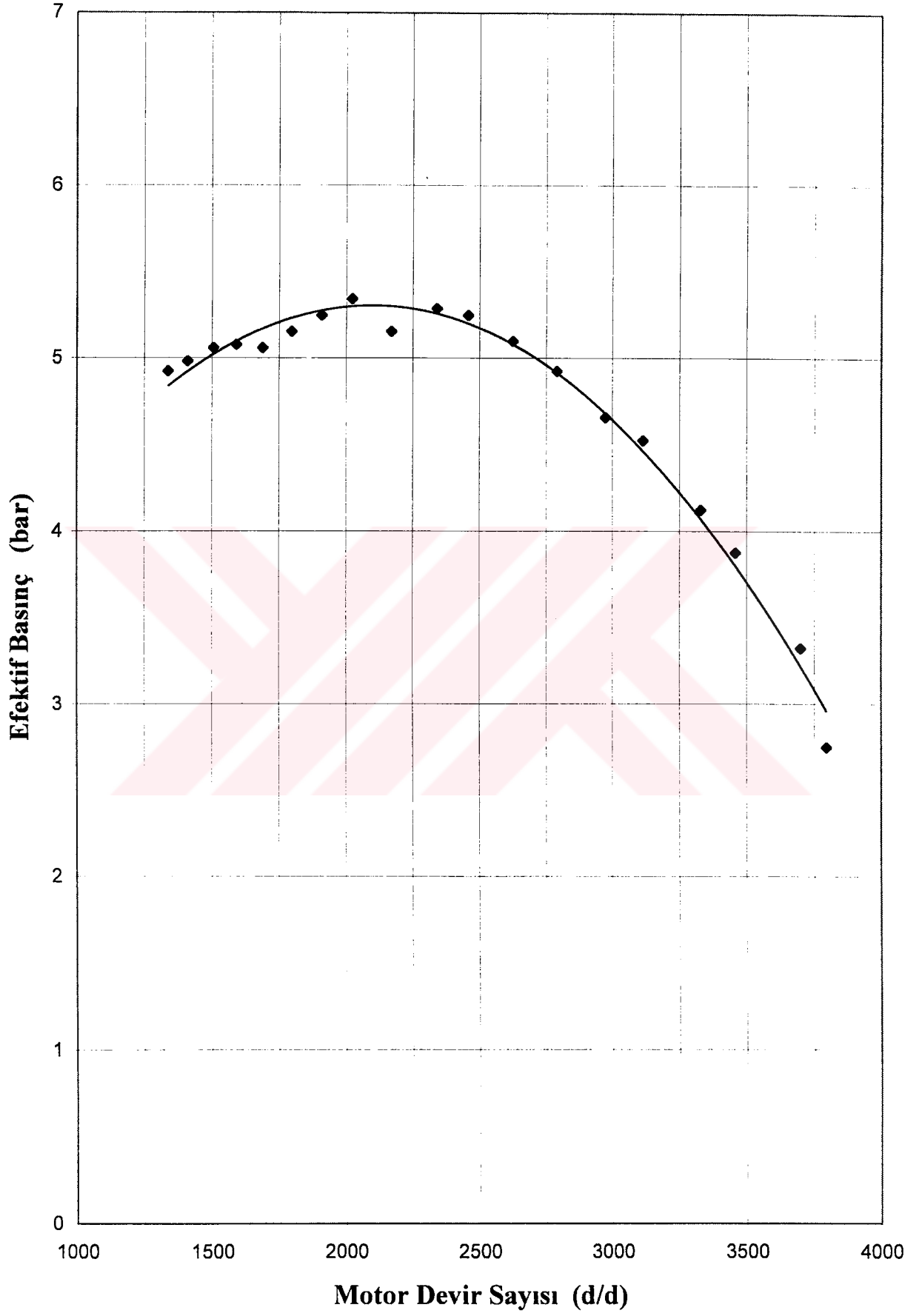
Şekil-3.12 1 Nolu pistona ait güç eğrisi



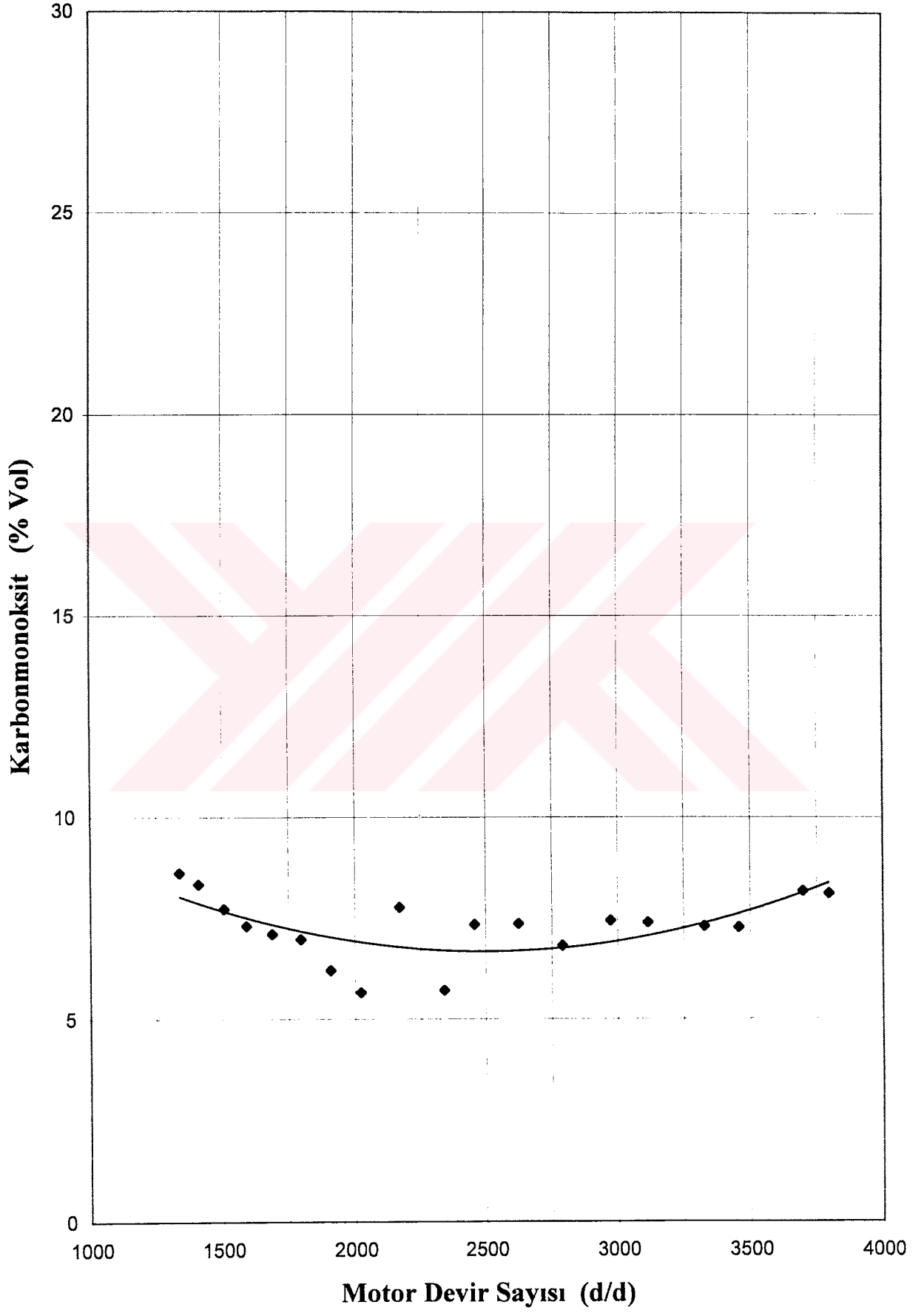
Şekil-3.13 1 Nolu pistonu ait özgül yakıt sarfıyıtı eğrisi



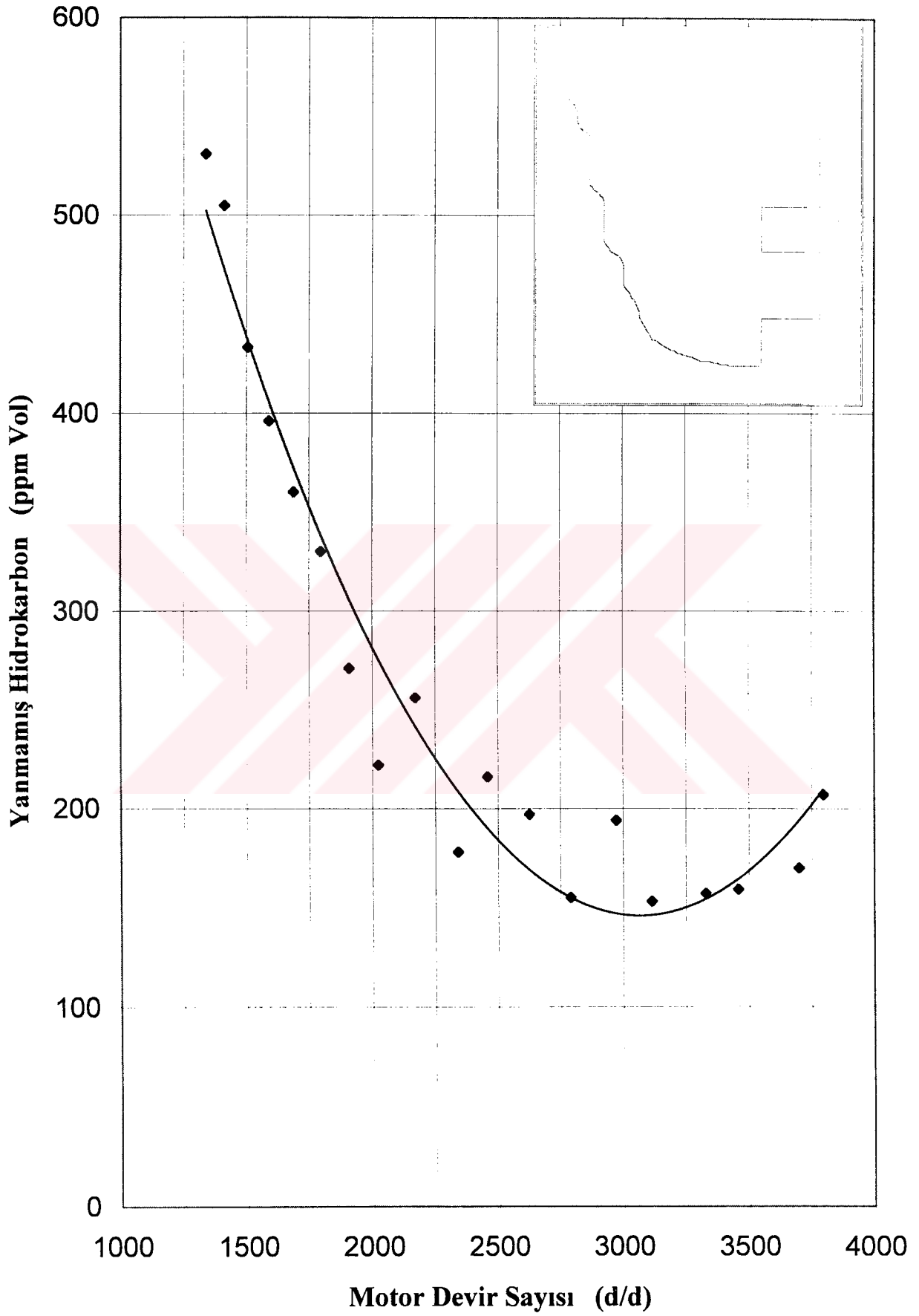
Şekil-3.14 1 nolu pistona ait Efektif verim eğrisi



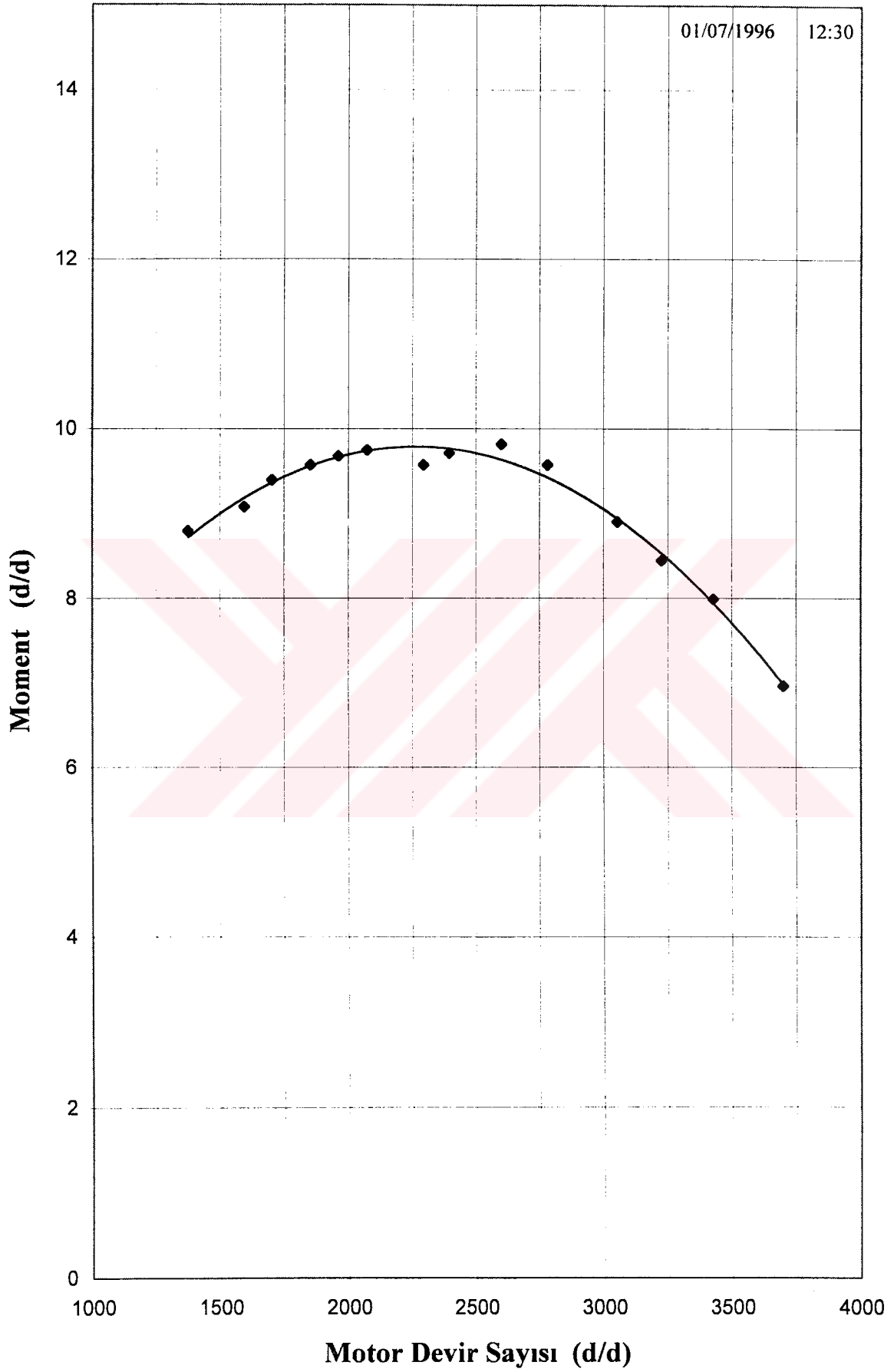
Şekil-3.15 1 nolu pistona ait Efektif basınç eğrisi



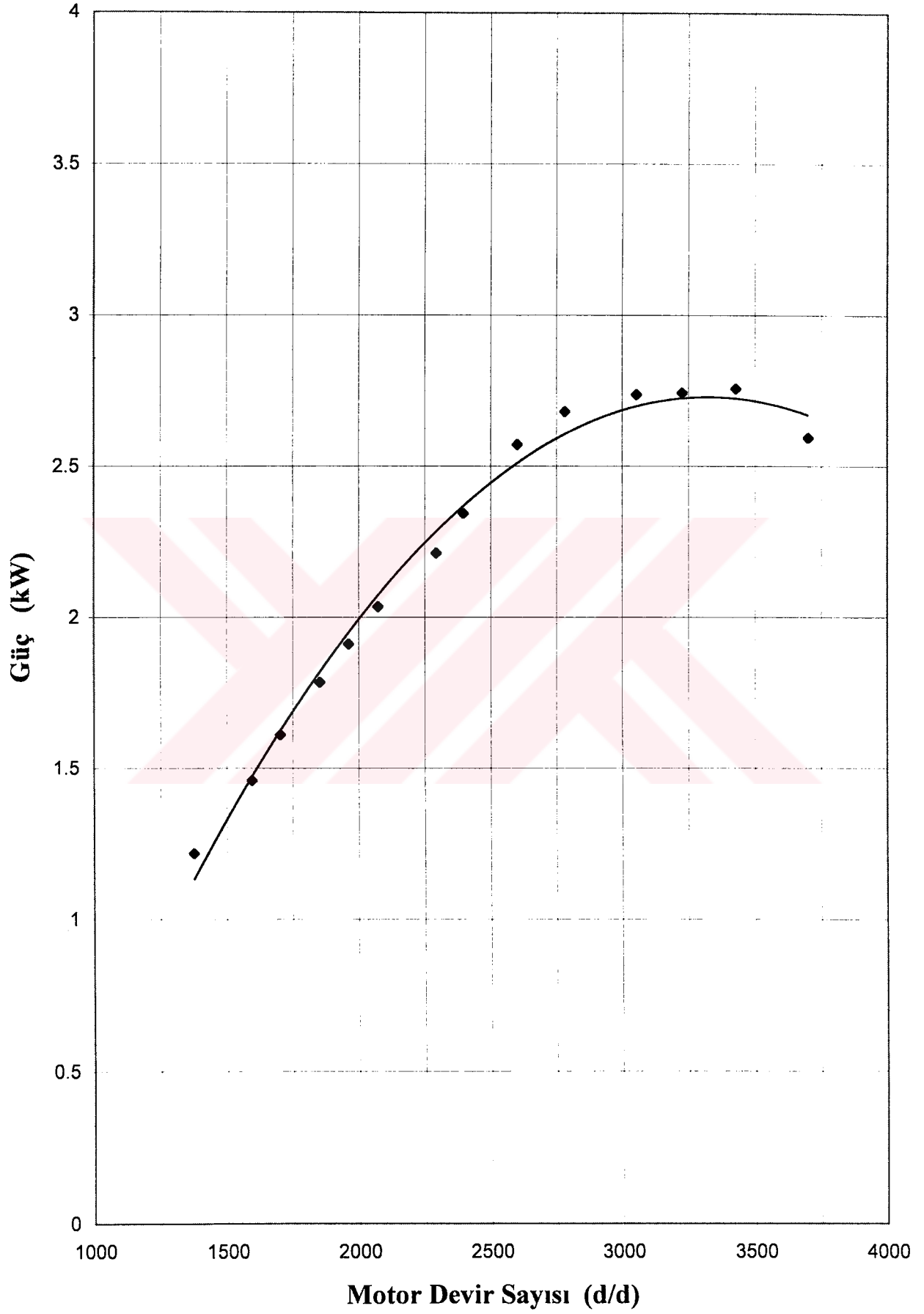
Şekil-3.16 1 nolu pistona ait Karbonmonoksit eğrisi



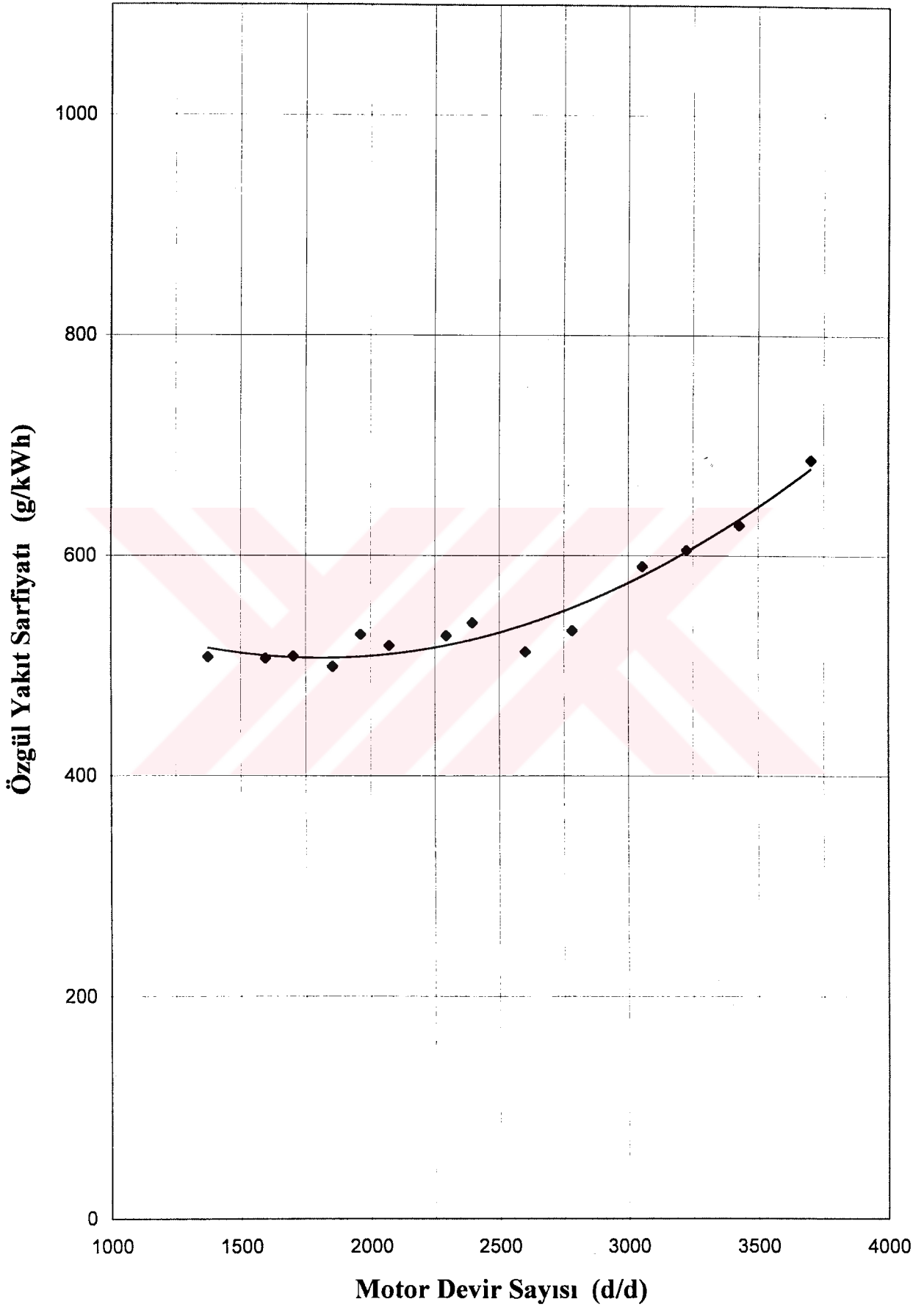
Şekil-3.17 1 nolu pistona ait Yanmamış Hidrokarbon eğrisi



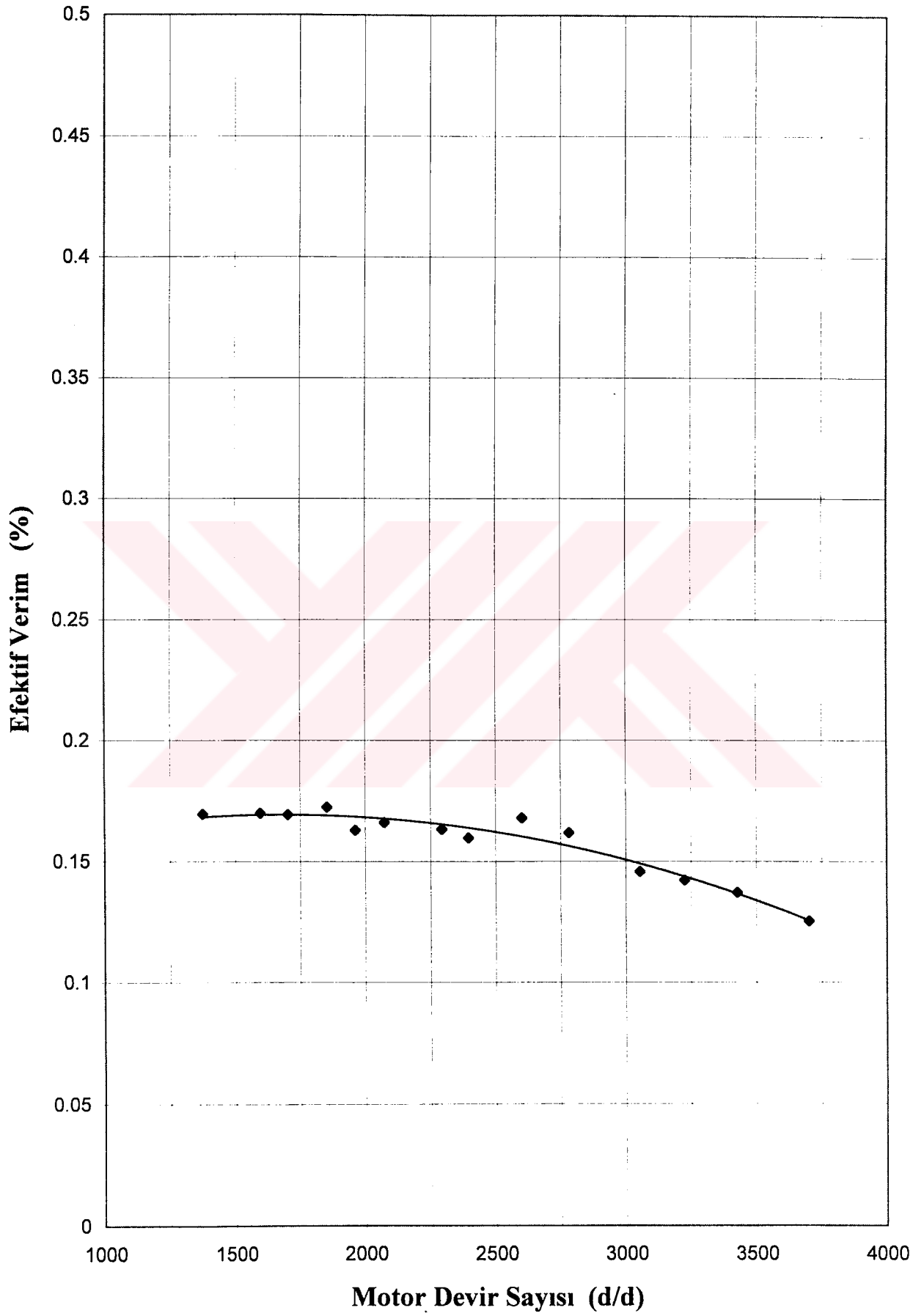
Şekil-3.18 2 nolu pistonun ait moment eğrisi



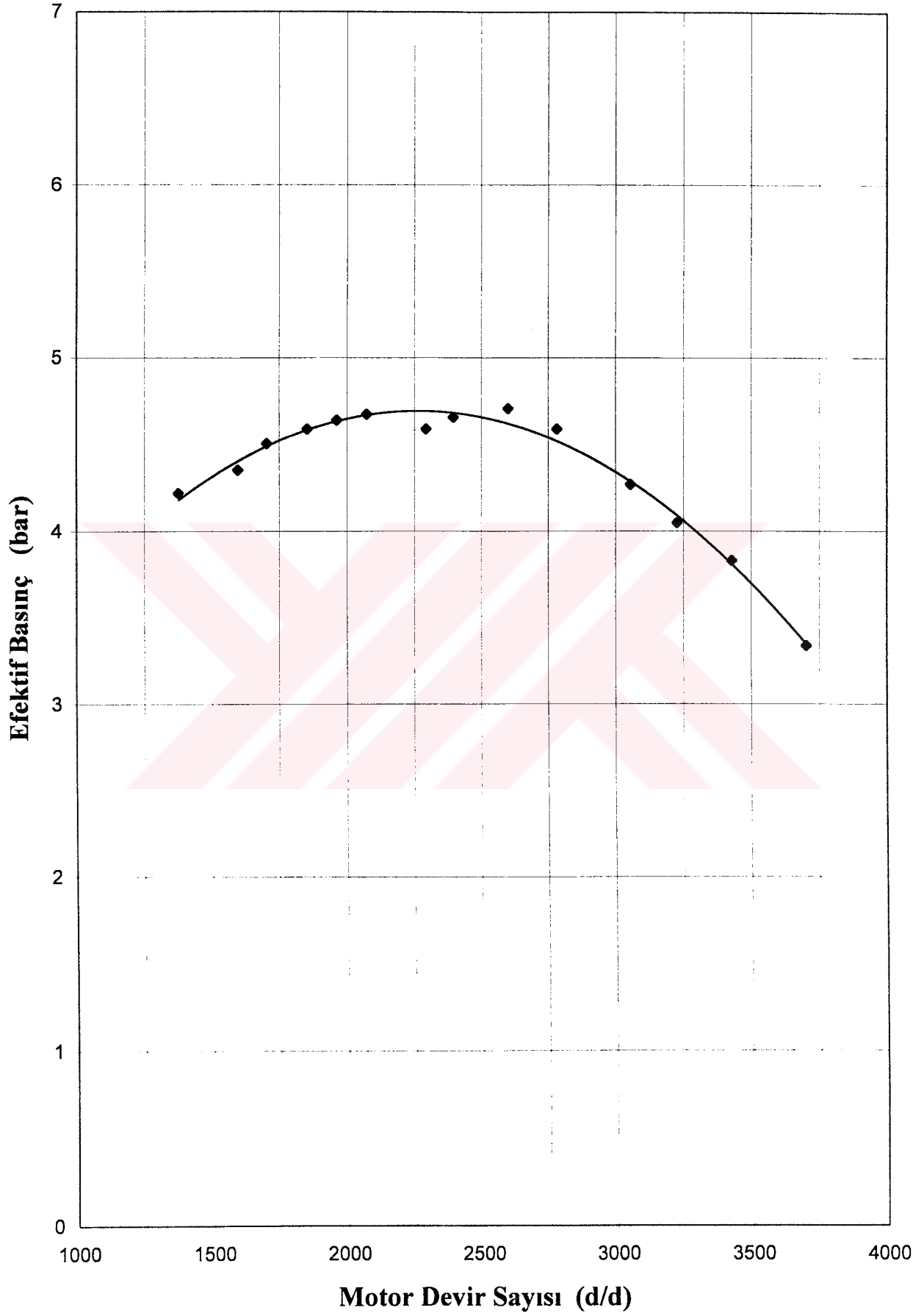
Şekil-3.19 2 nolu pistona ait güç eğrisi



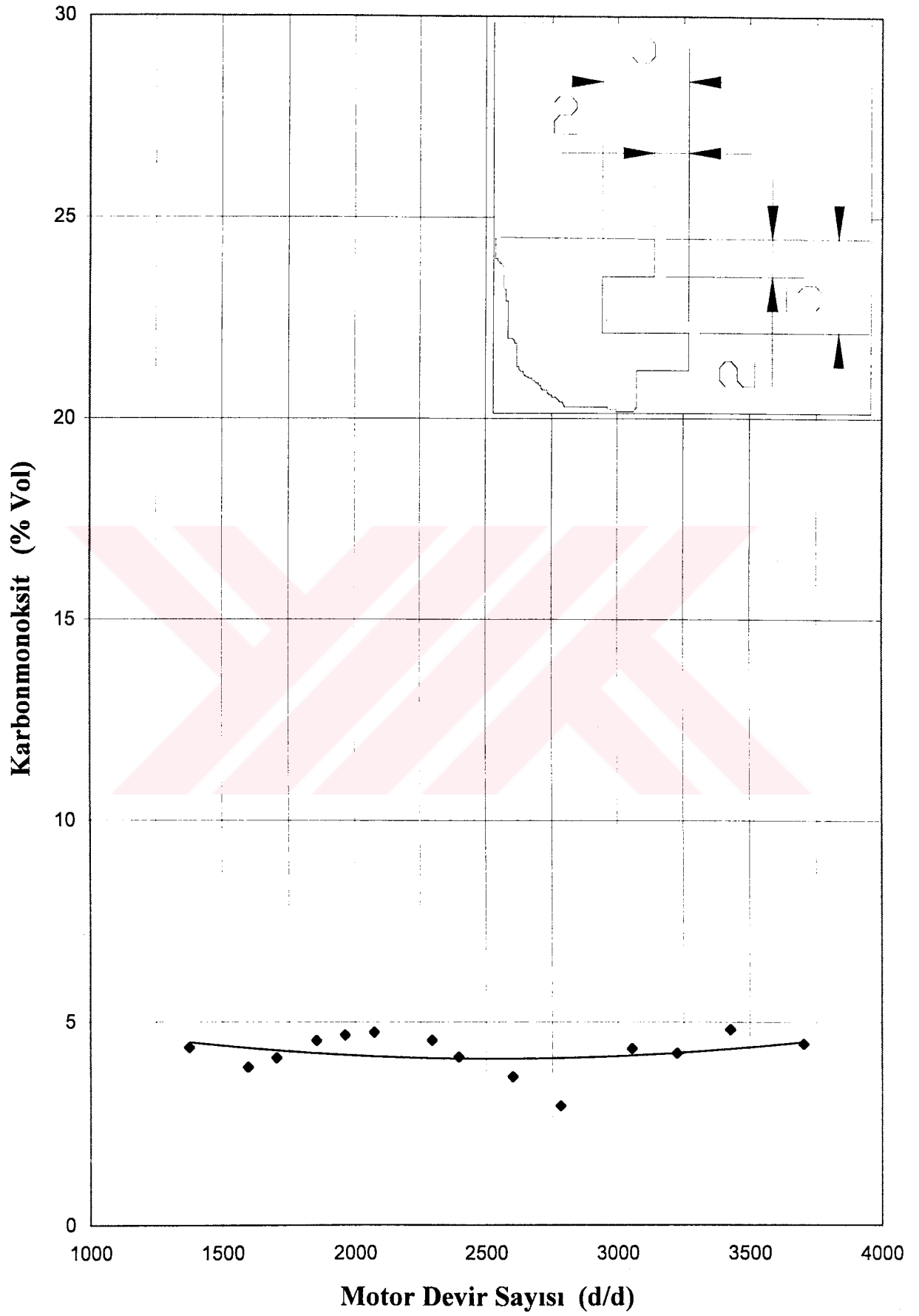
Şekil-3.20 2 nolu pistonu özgül yakıt sarfiyatı eğrisi



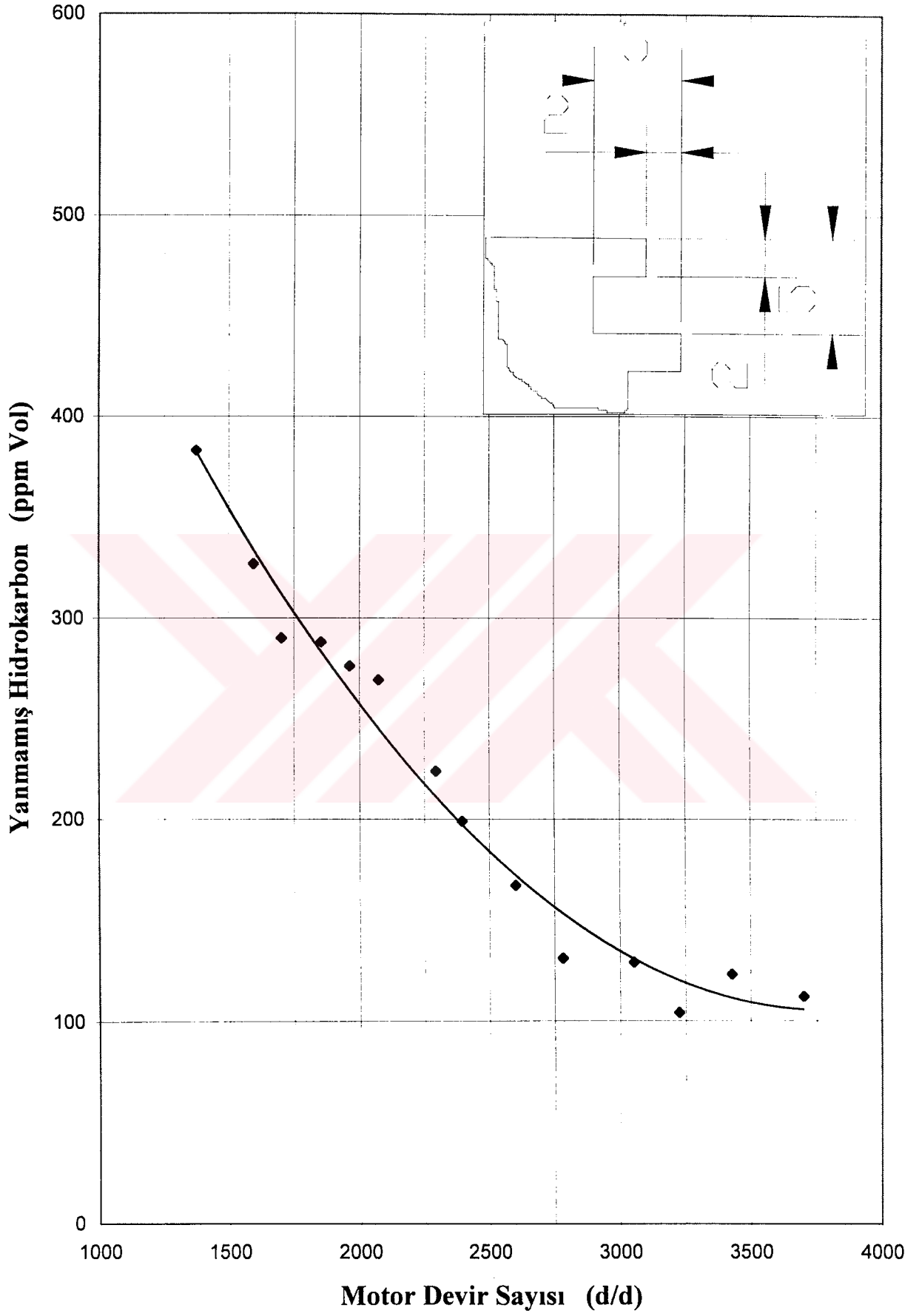
Şekil-3.21 2 nolu pistona ait efektif verim eğrisi



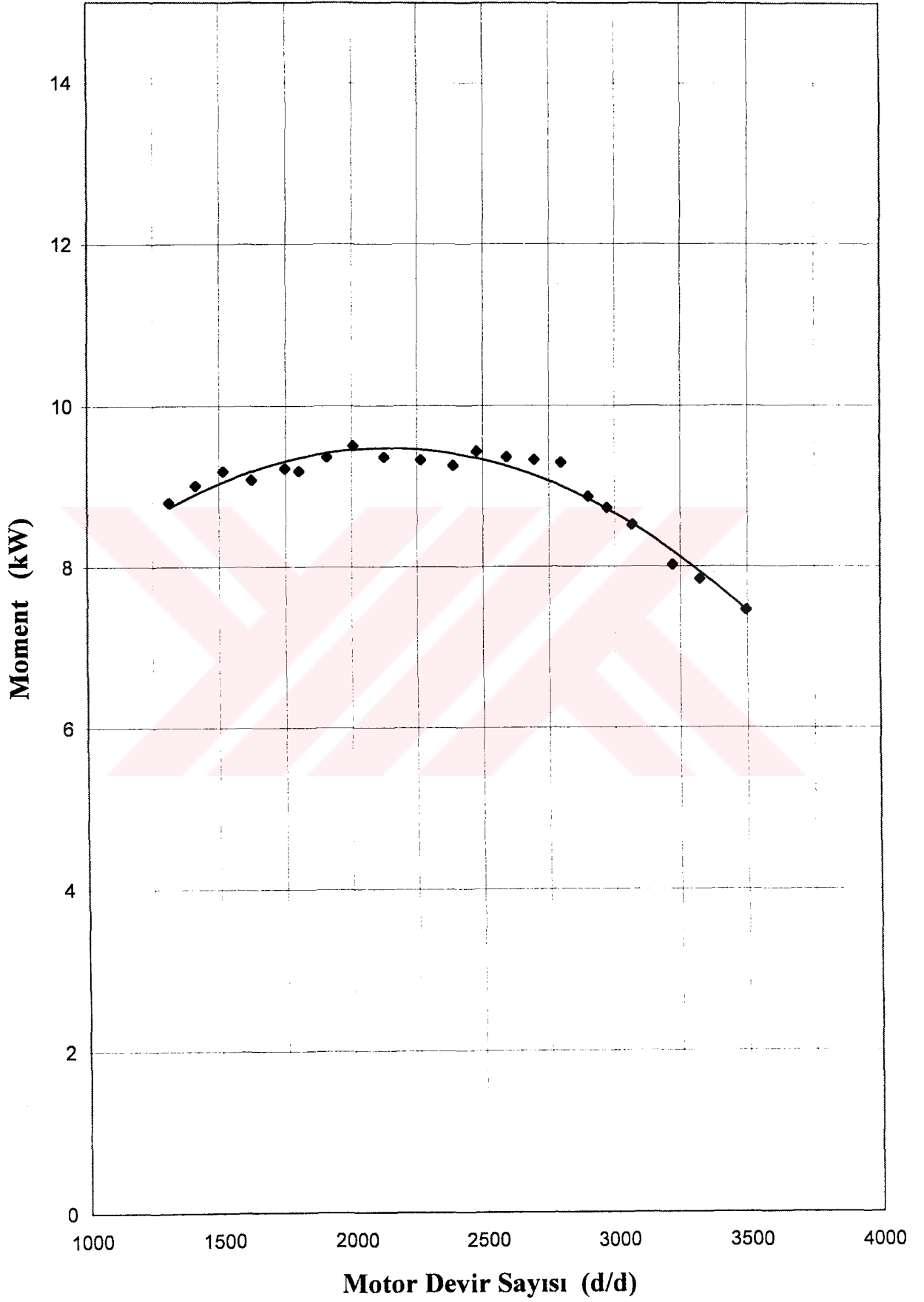
Şekil-3.22 2 nolu pistonu ait efektif basınç eğrisi



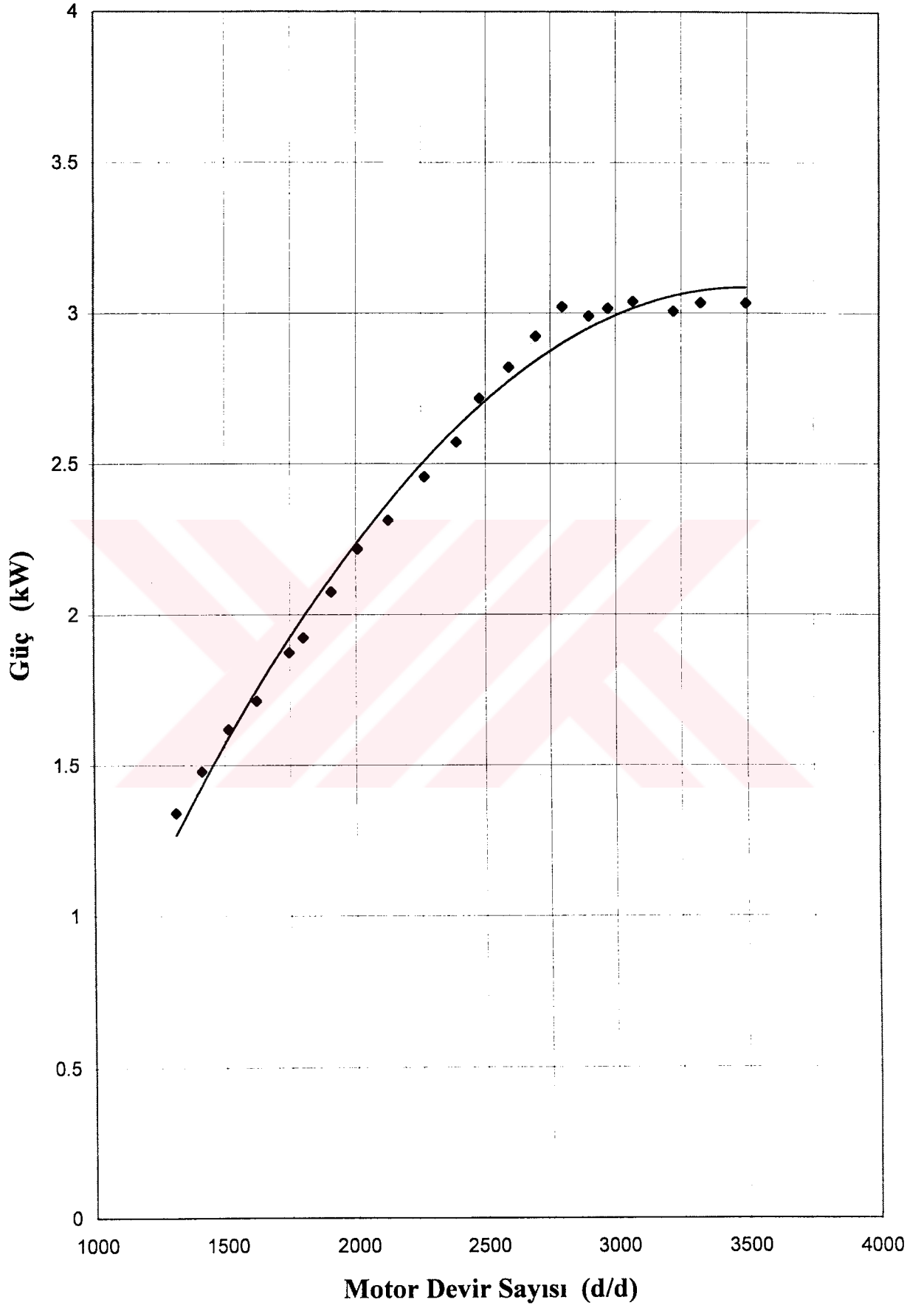
Şekil-3.23 2 nolu pistona ait karbonmonoksit eğrisi



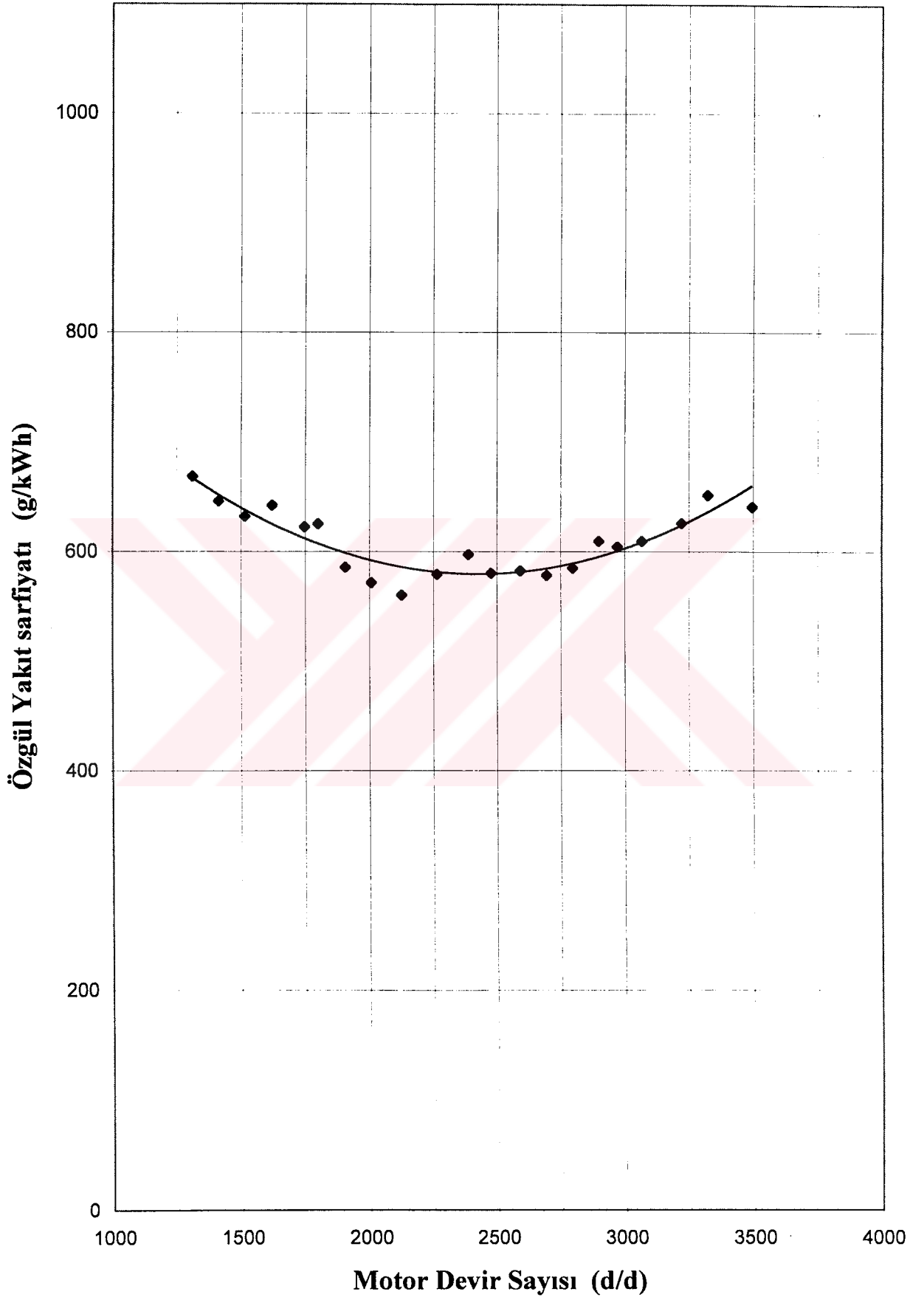
Şekil-3.24 2 nolu pistona ait yanmamış HC eğrisi



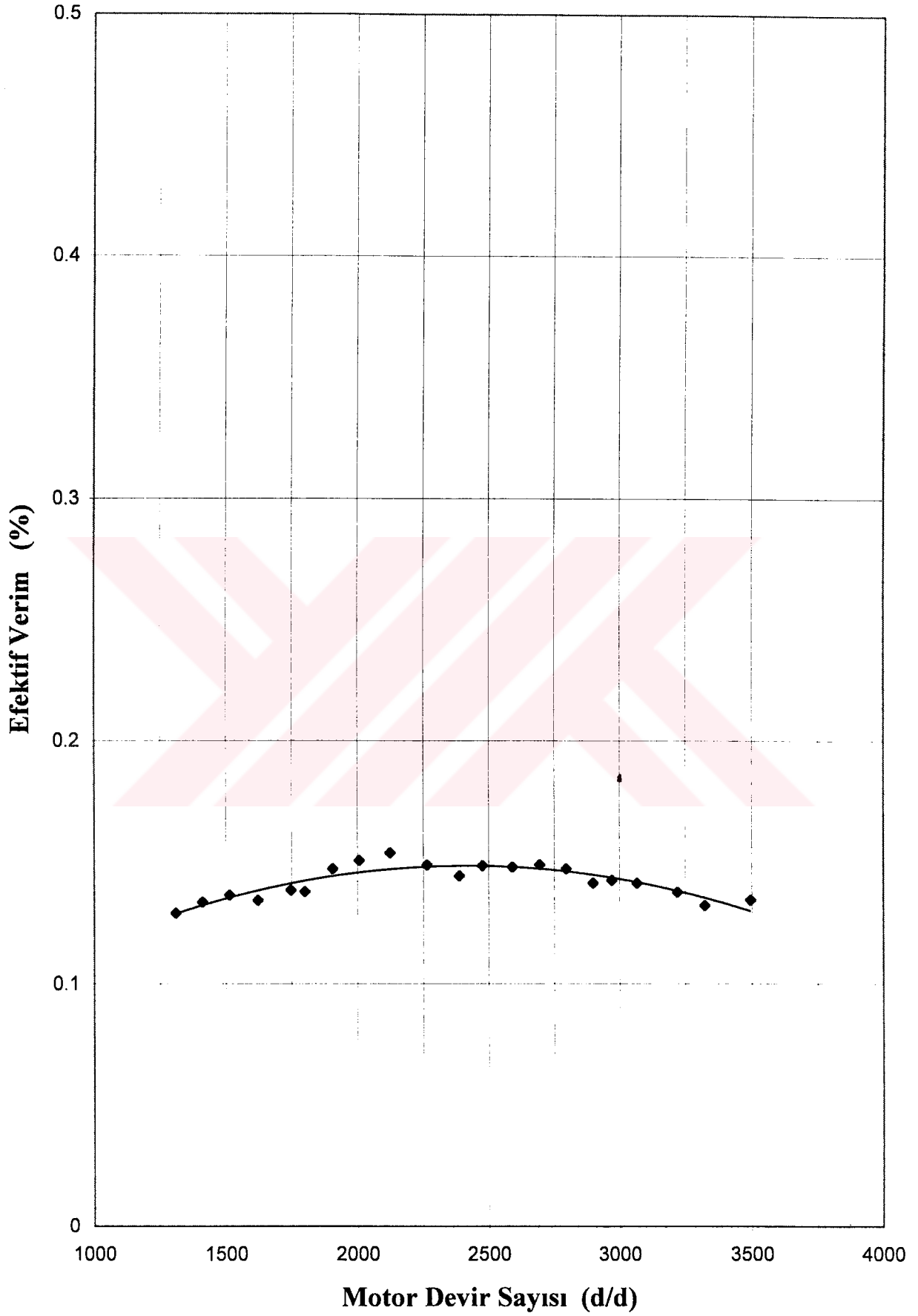
Şekil-3.25 3 nolu piston a ait moment eğrisi



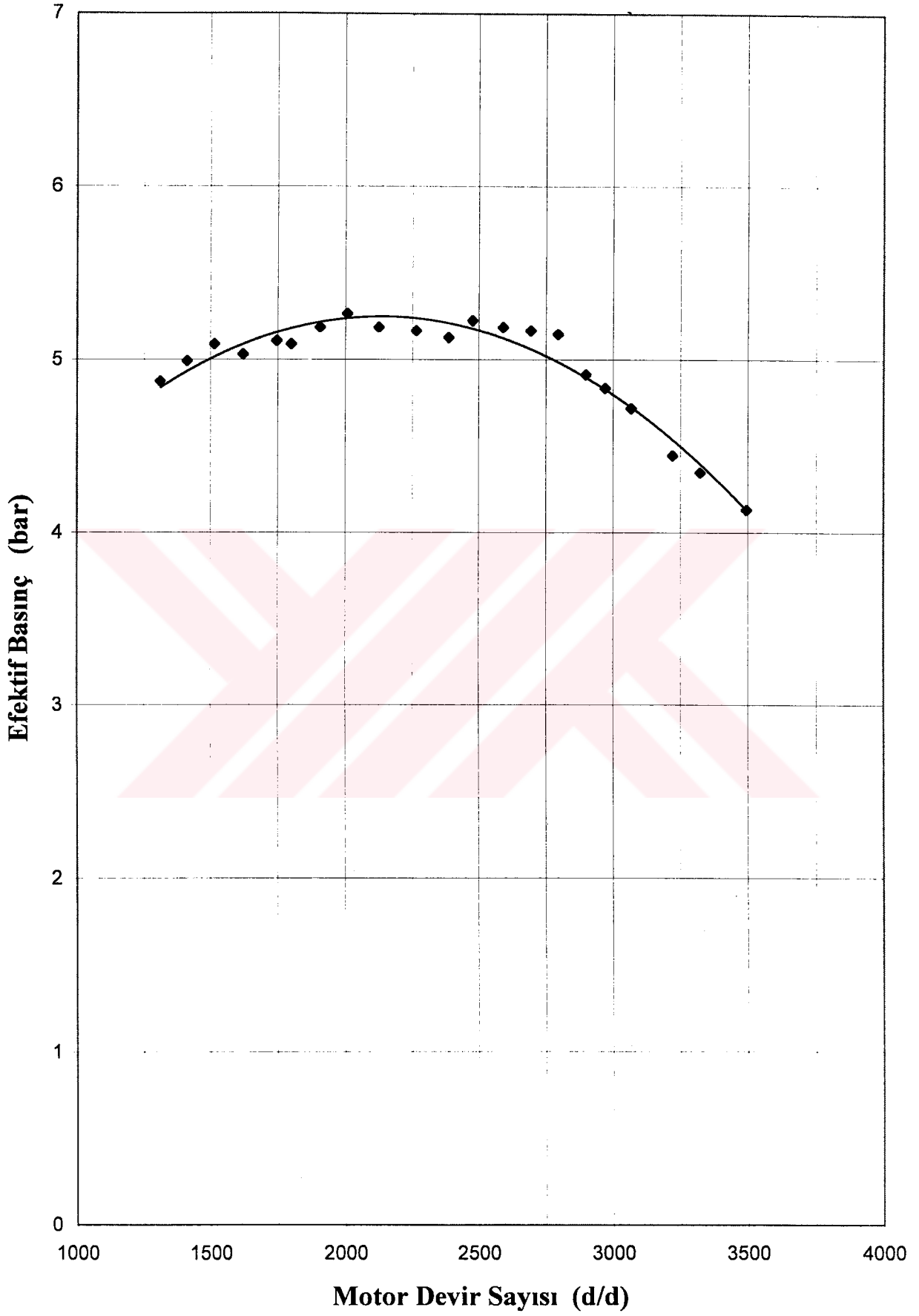
Şekil-3.26 3 nolu pistona ait güç eğrisi



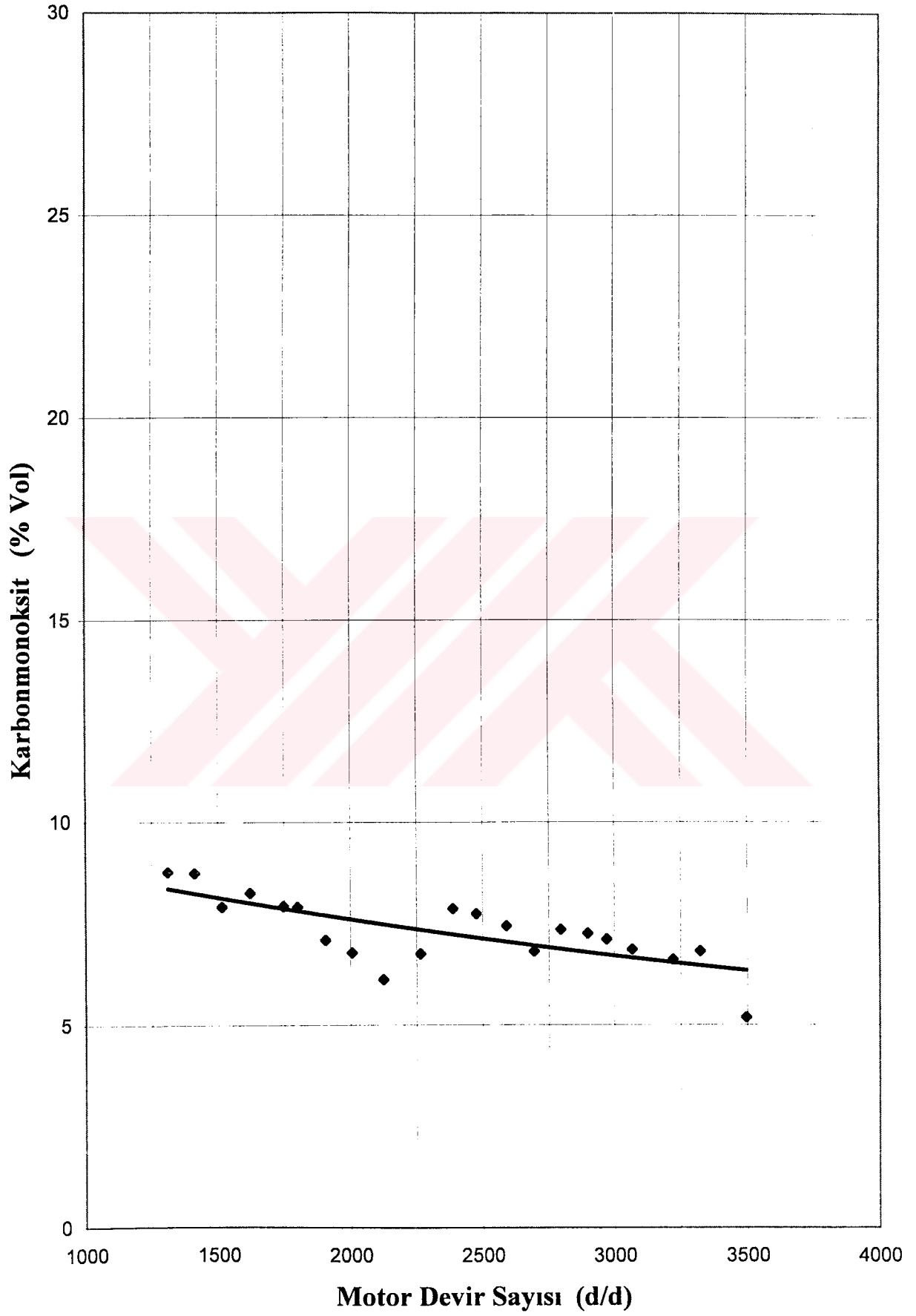
Şekil-3.27 3 nolu pistonun ait özgül yakıt sarfiyatı eğrisi



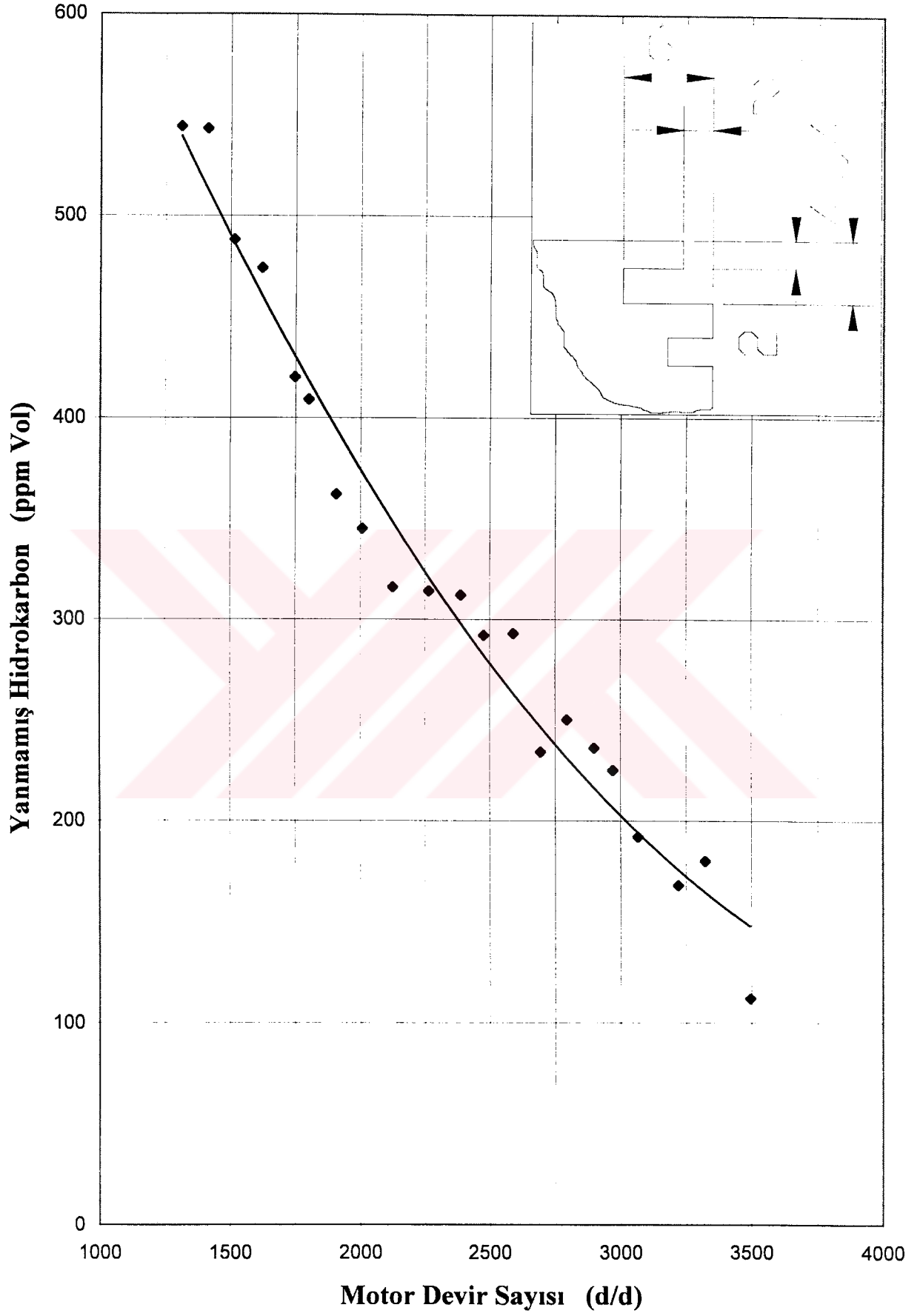
Şekil-3.28 3 nolu pistonun ait efektif verim eğrisi



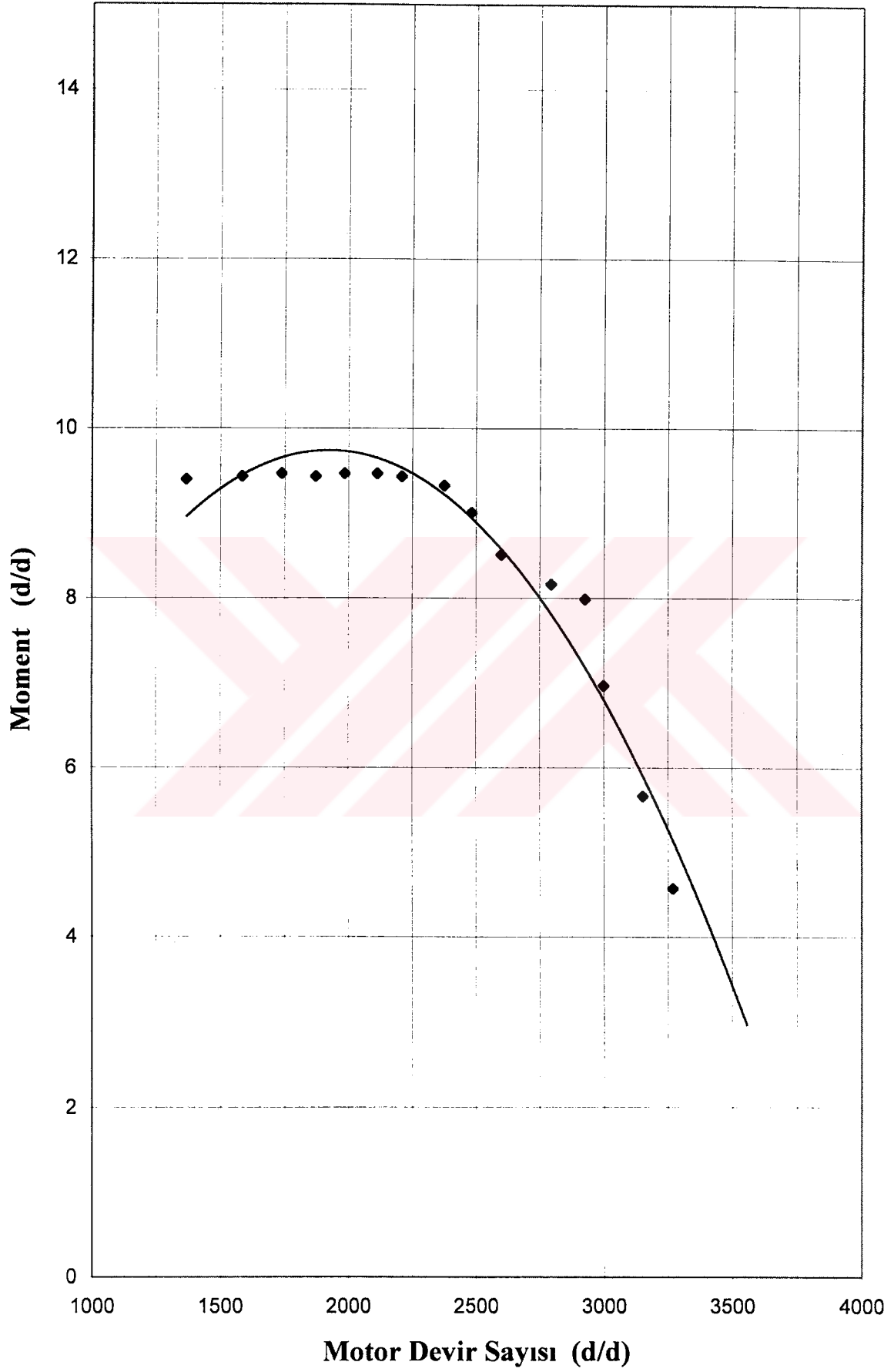
Şekil-3.29 3 nolu pistonun ait efektif basınç eğrisi



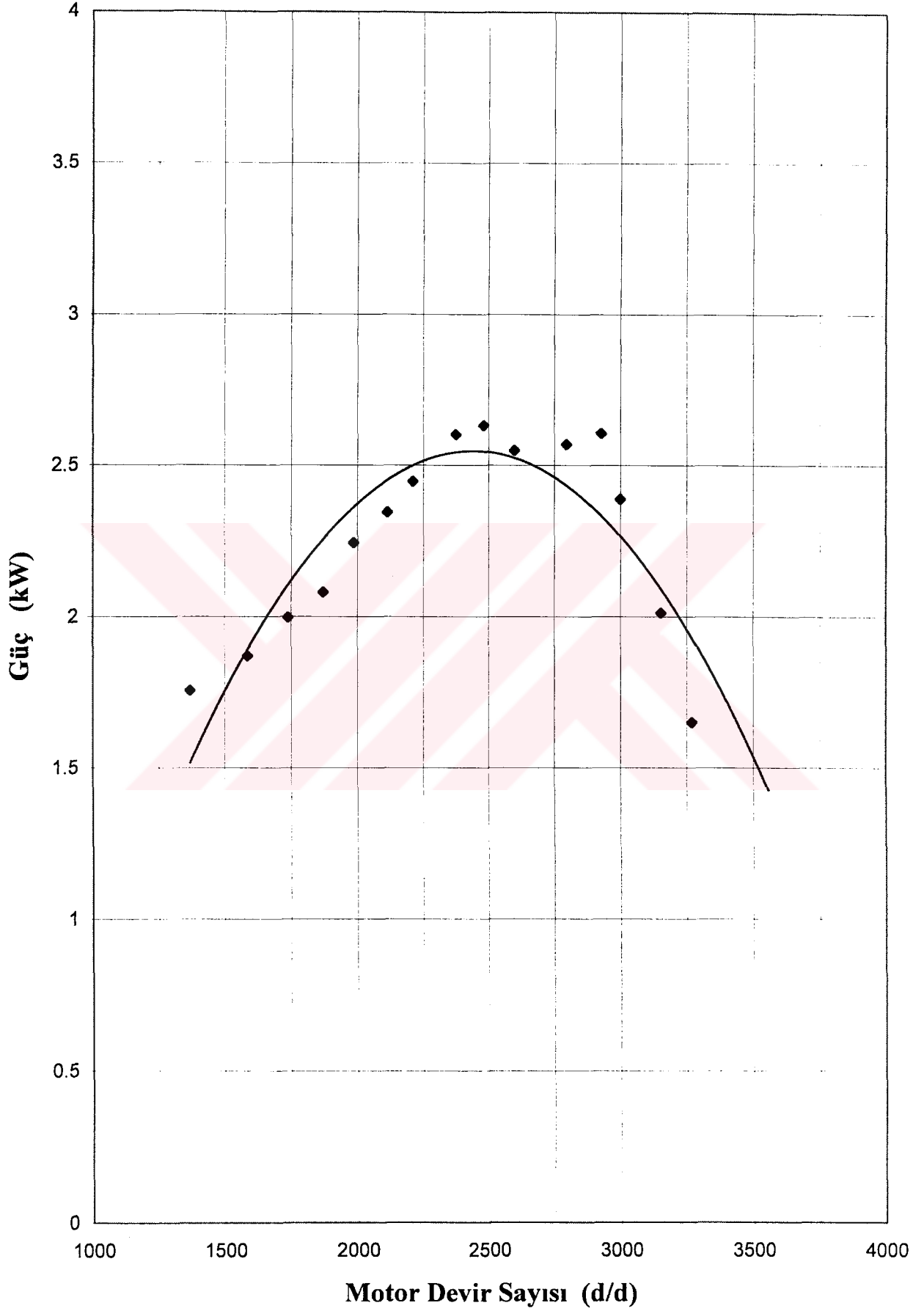
Şekil-3.30 3 nolu pistona ait CO eğrisi



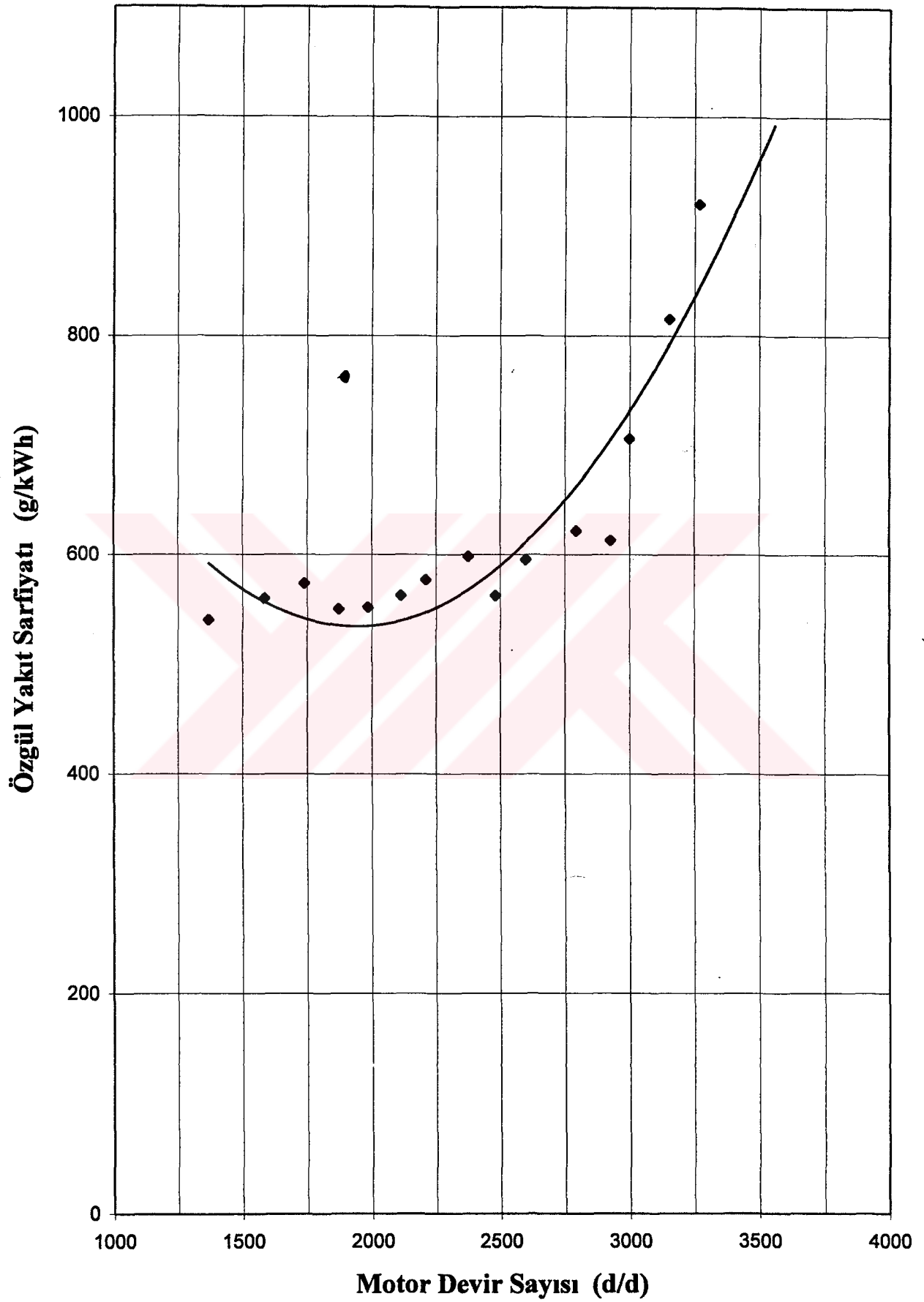
Şekil-3.31 3 nolu pistona ait yanmamış HC eğrisi



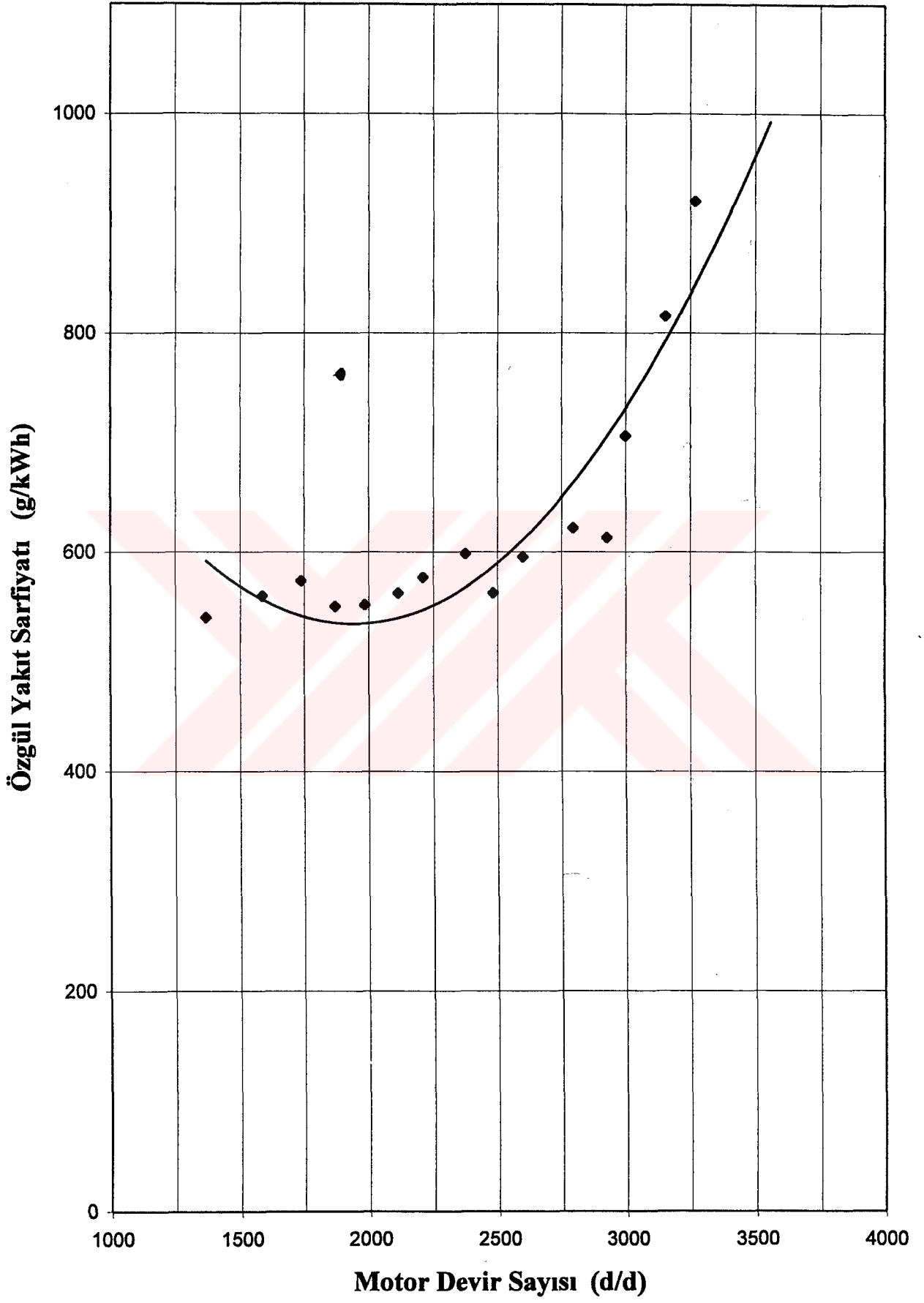
Şekil-3.32 4 nolu pistonu ait moment eğrisi



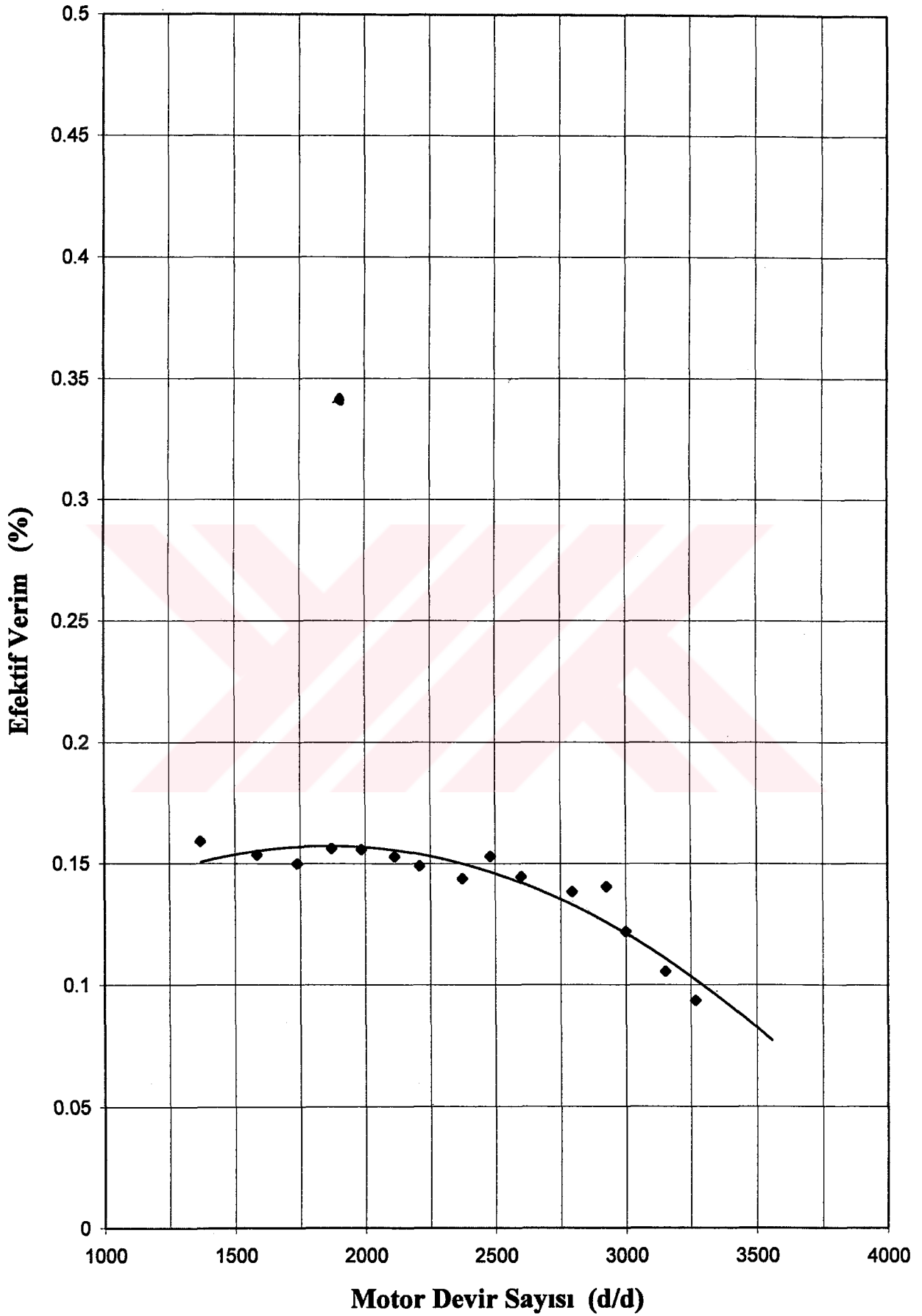
Şekil-3.33 4 nolu pistona ait güç eğrisi



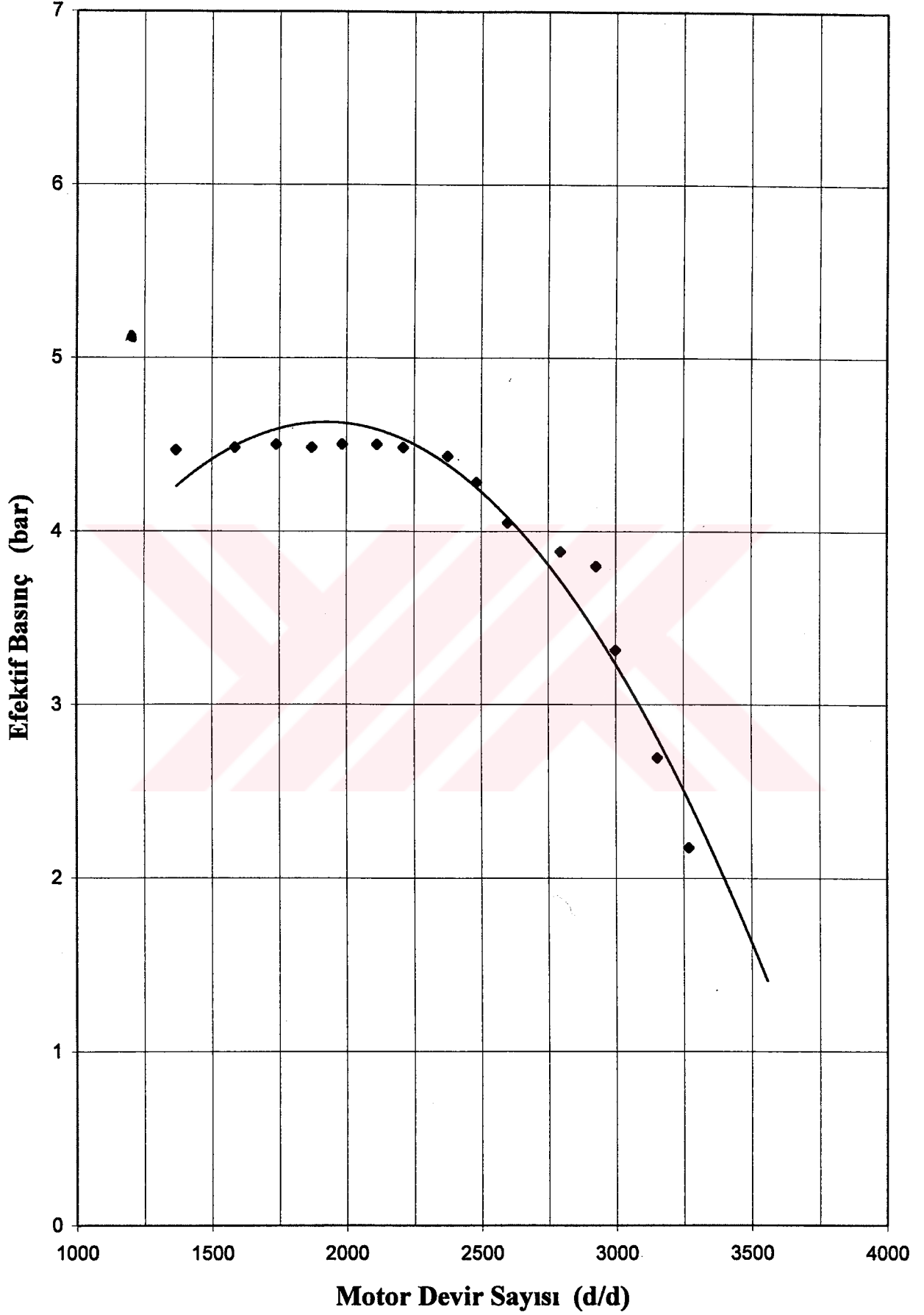
Şekil-3.34 4 nolu pistonun ait özgül yakıt sarfiyatı eğrisi



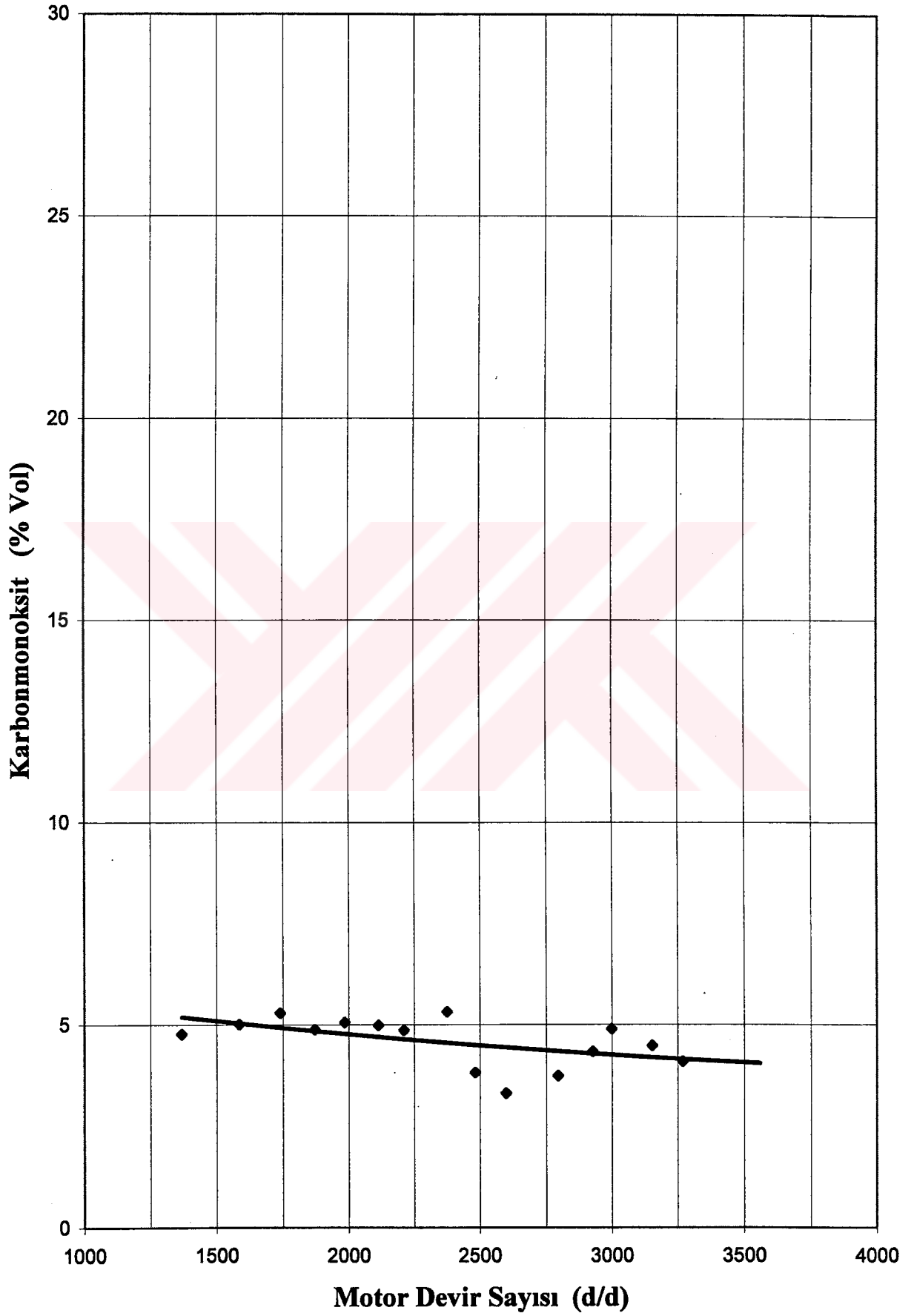
Şekil-3.34 4 nolu pistona ait özgül yakıt sarfiyatı eğrisi



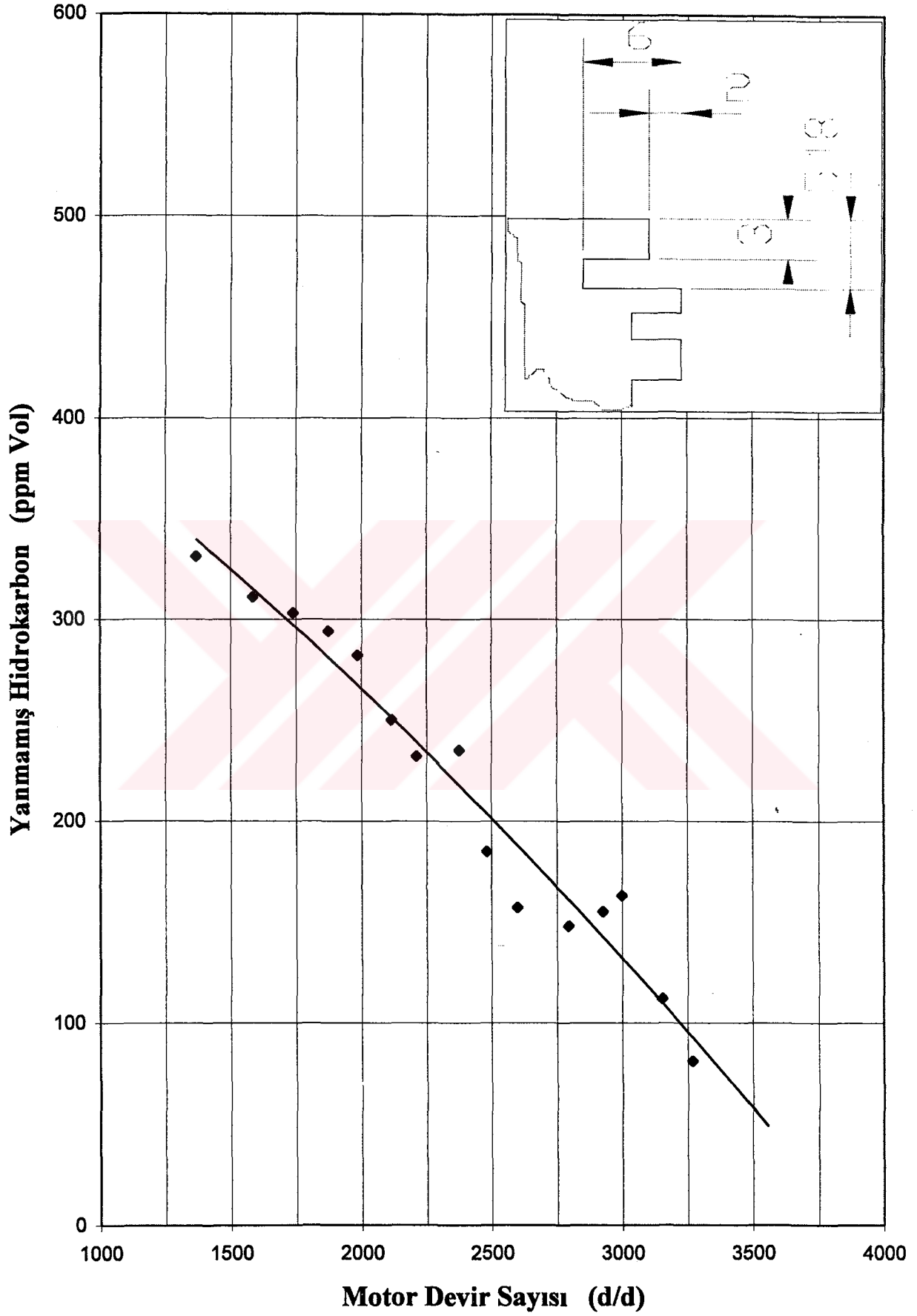
Şekil-3.35 4 nolu pistona ait efektif verim eğrisi



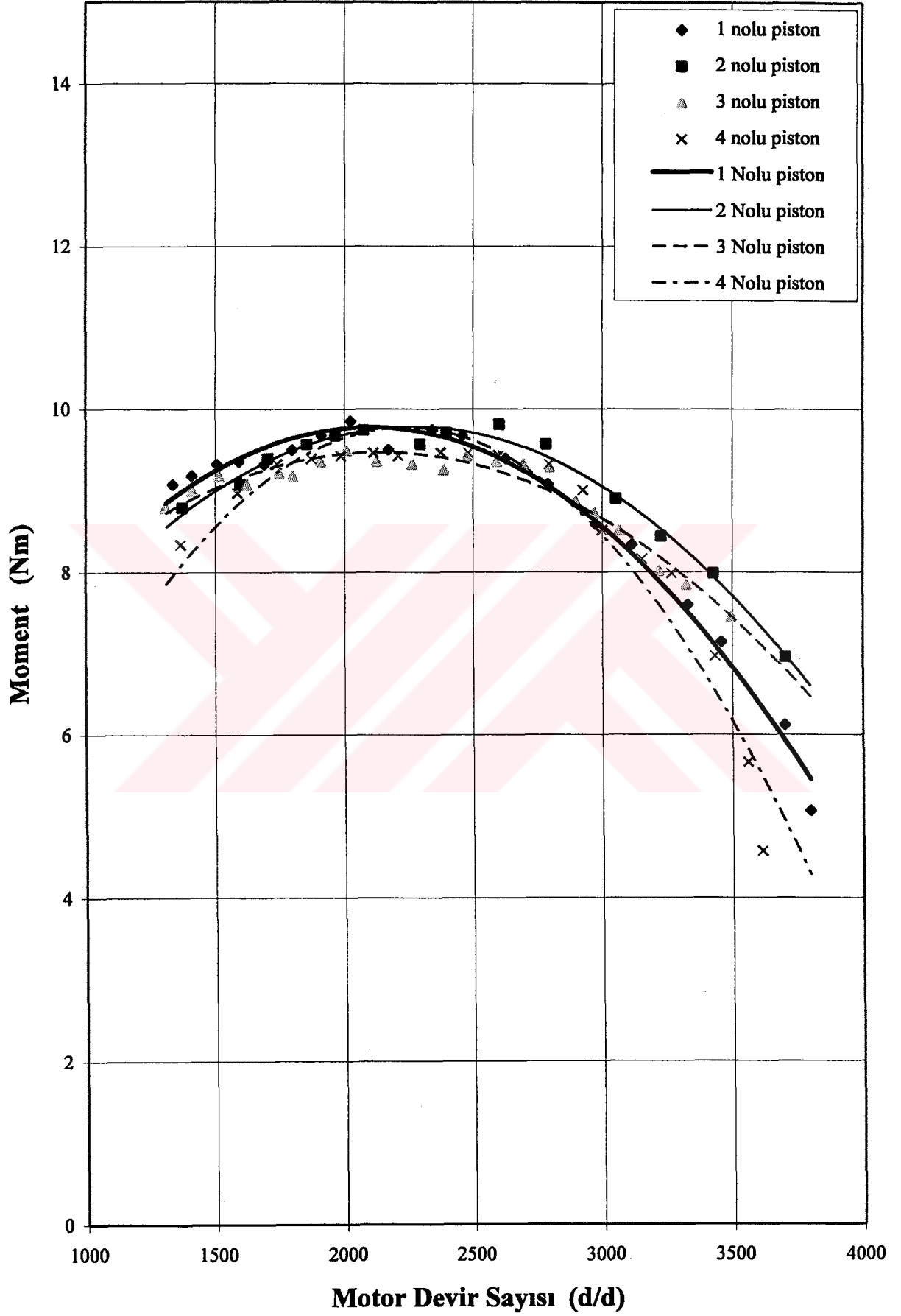
Şekil-3.36 4 nolu pistona ait efektif basınç eğrisi



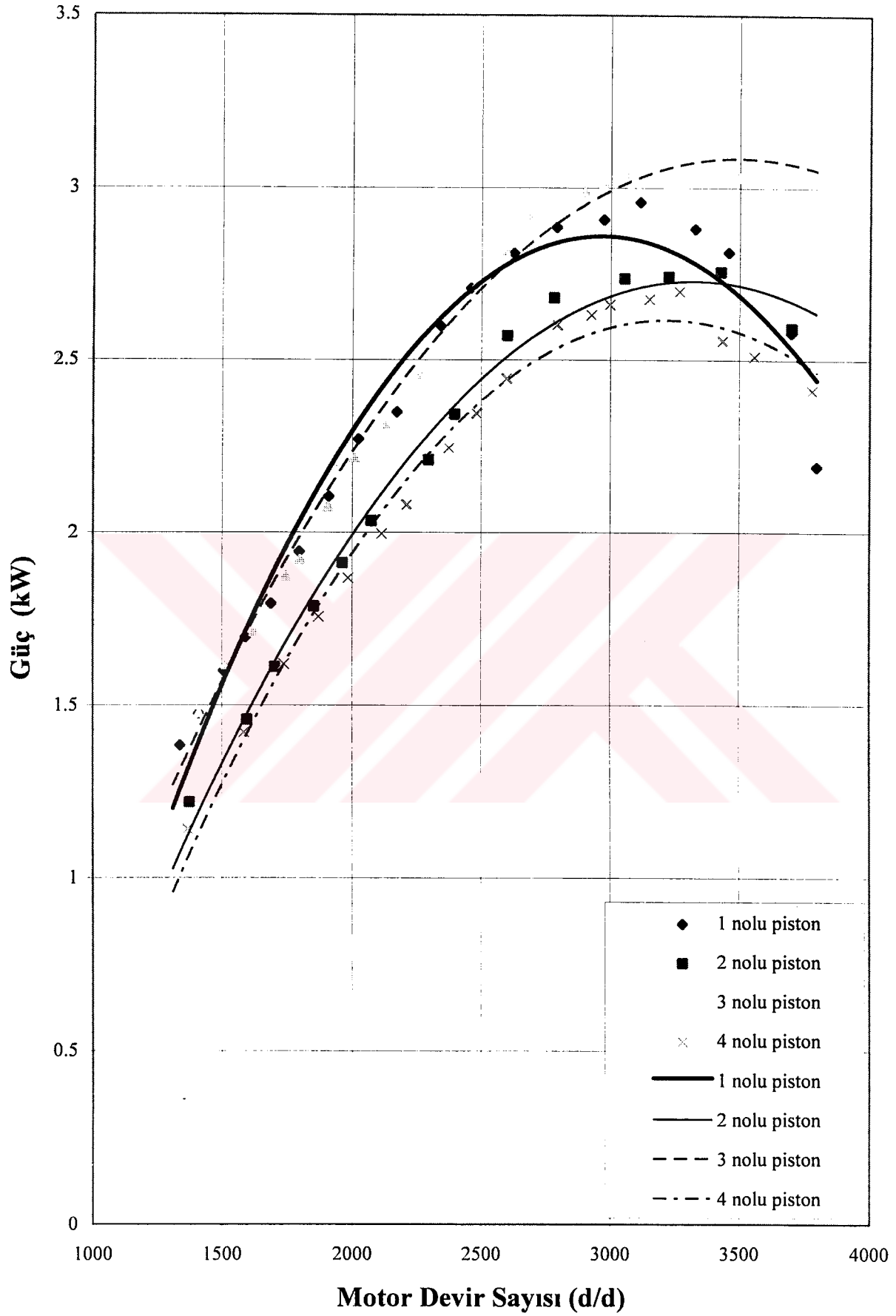
Şekil-3.37 4 nolu pistona ait CO eğrisi



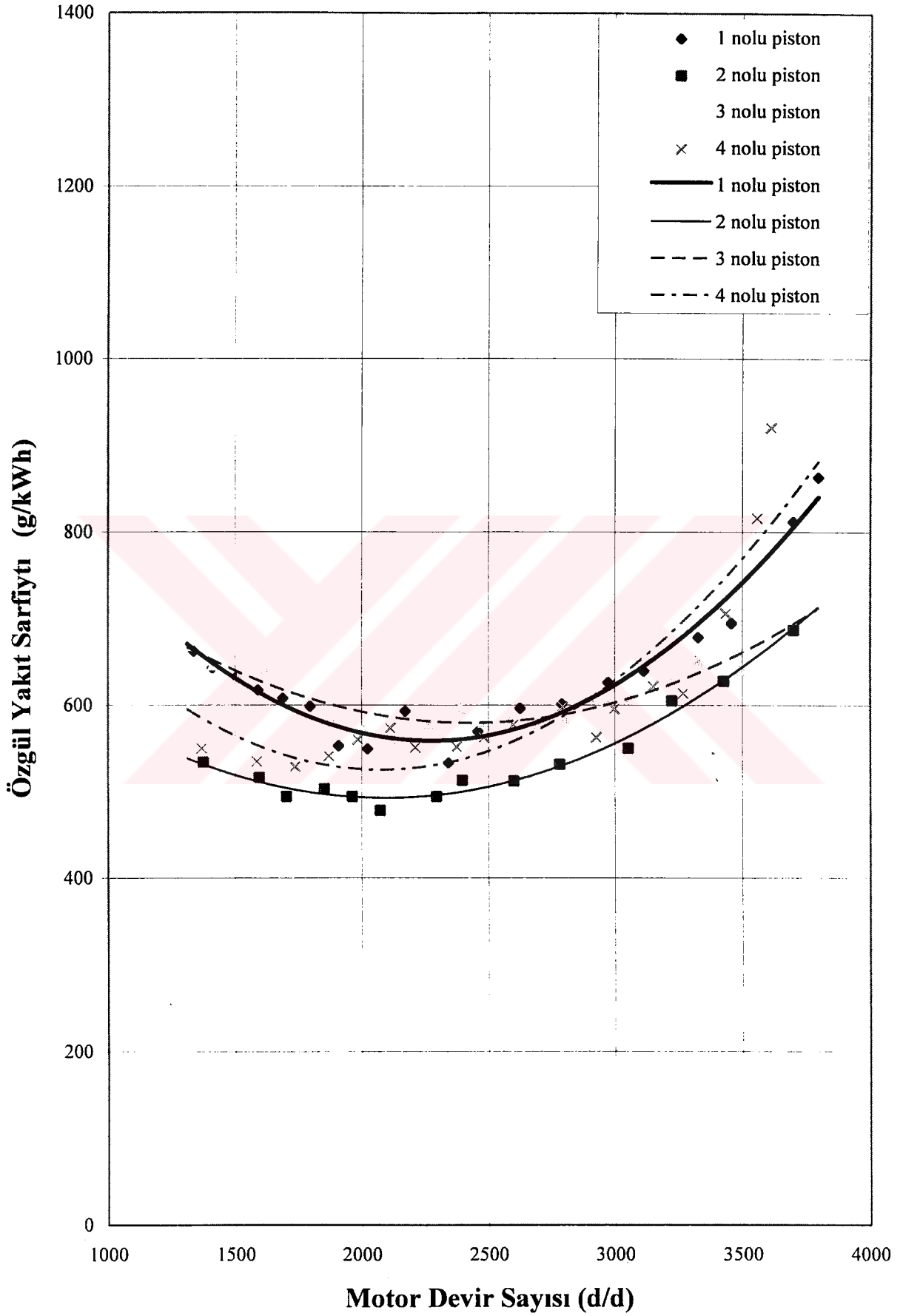
Şekil-3.38 4 nolu pistona ait yanmamış HC eğrisi



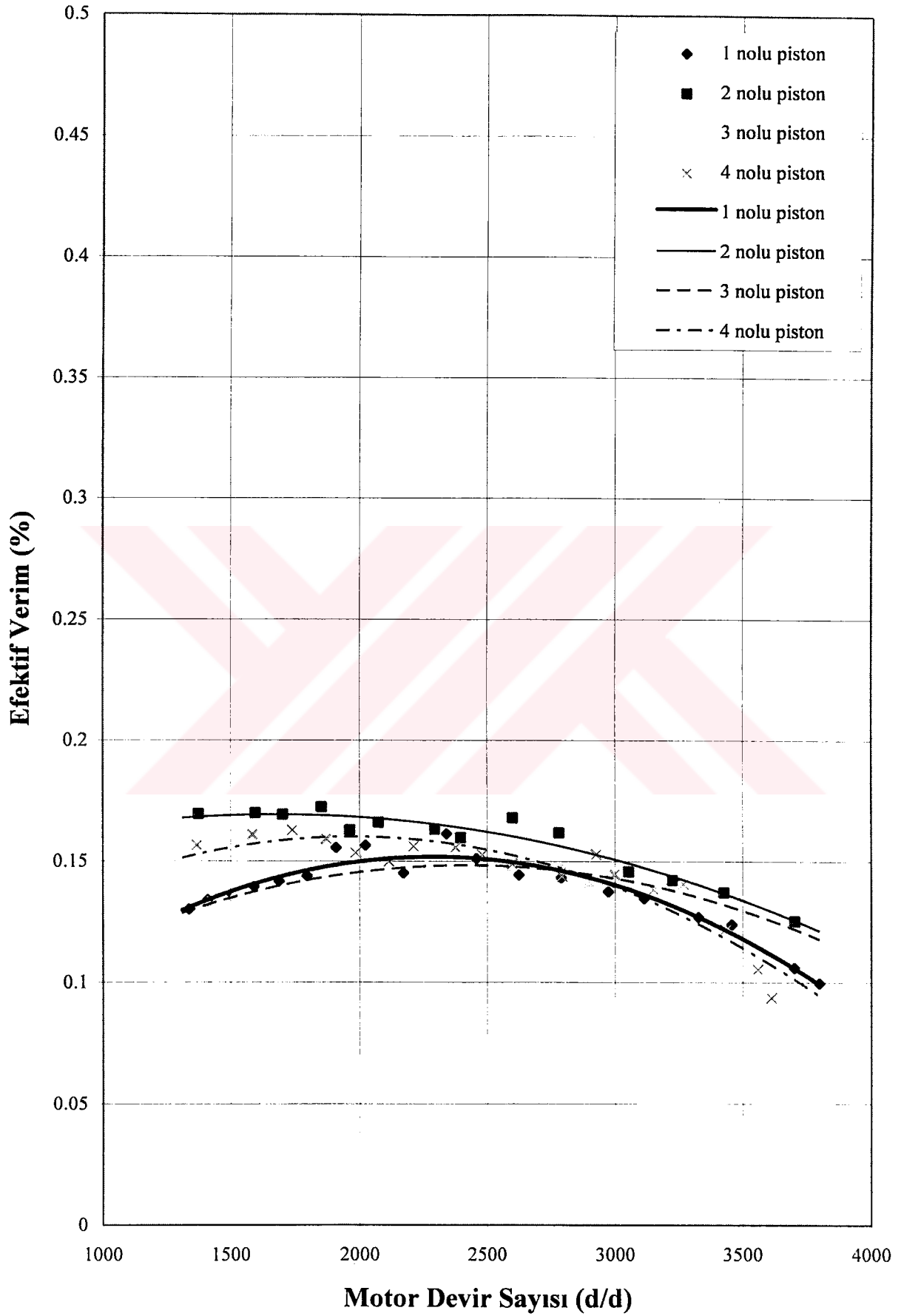
Şekil-3.39 ortalama moment eğrileri



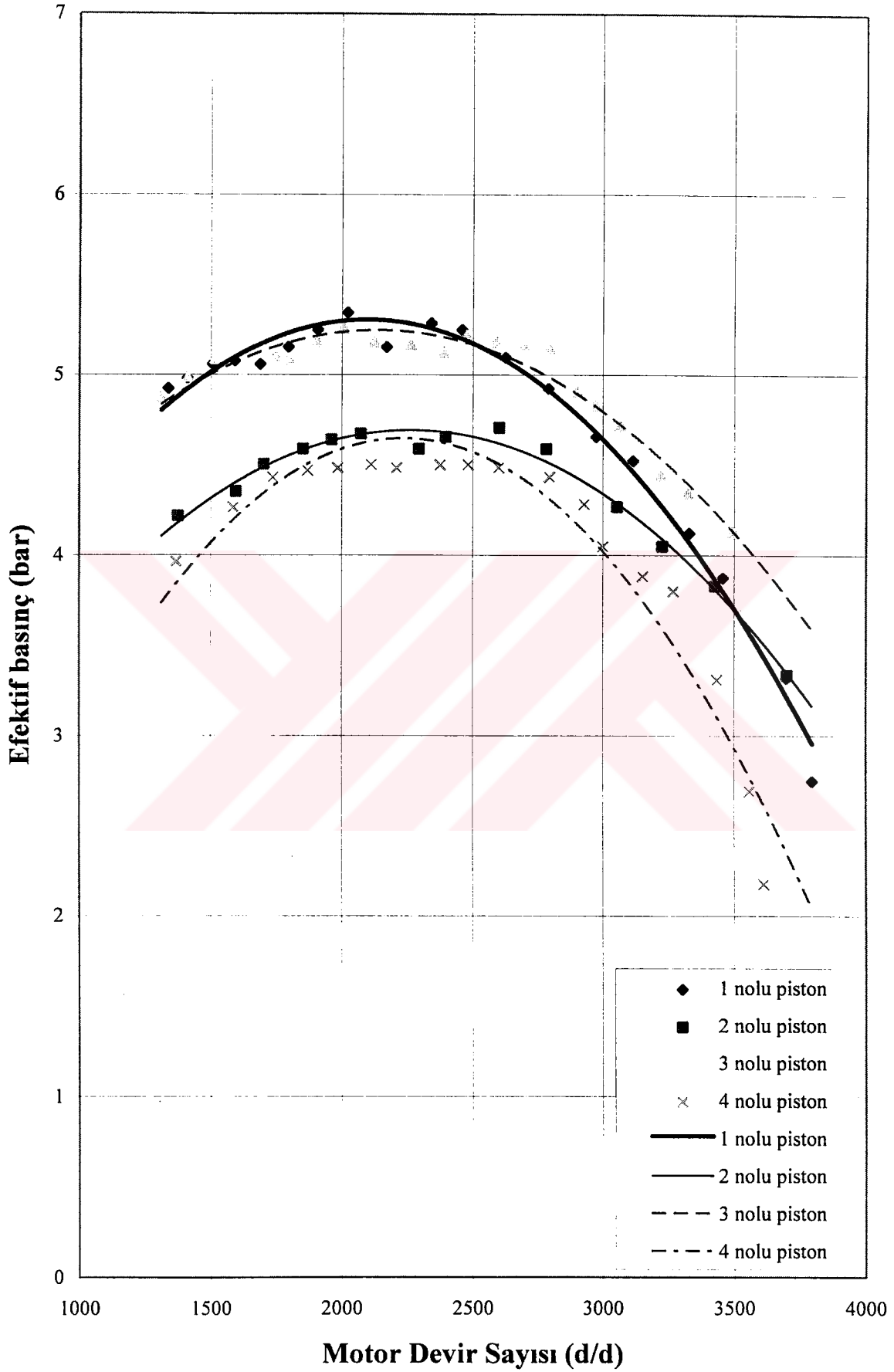
Şekil-3.40 ortalama güç eğrileri



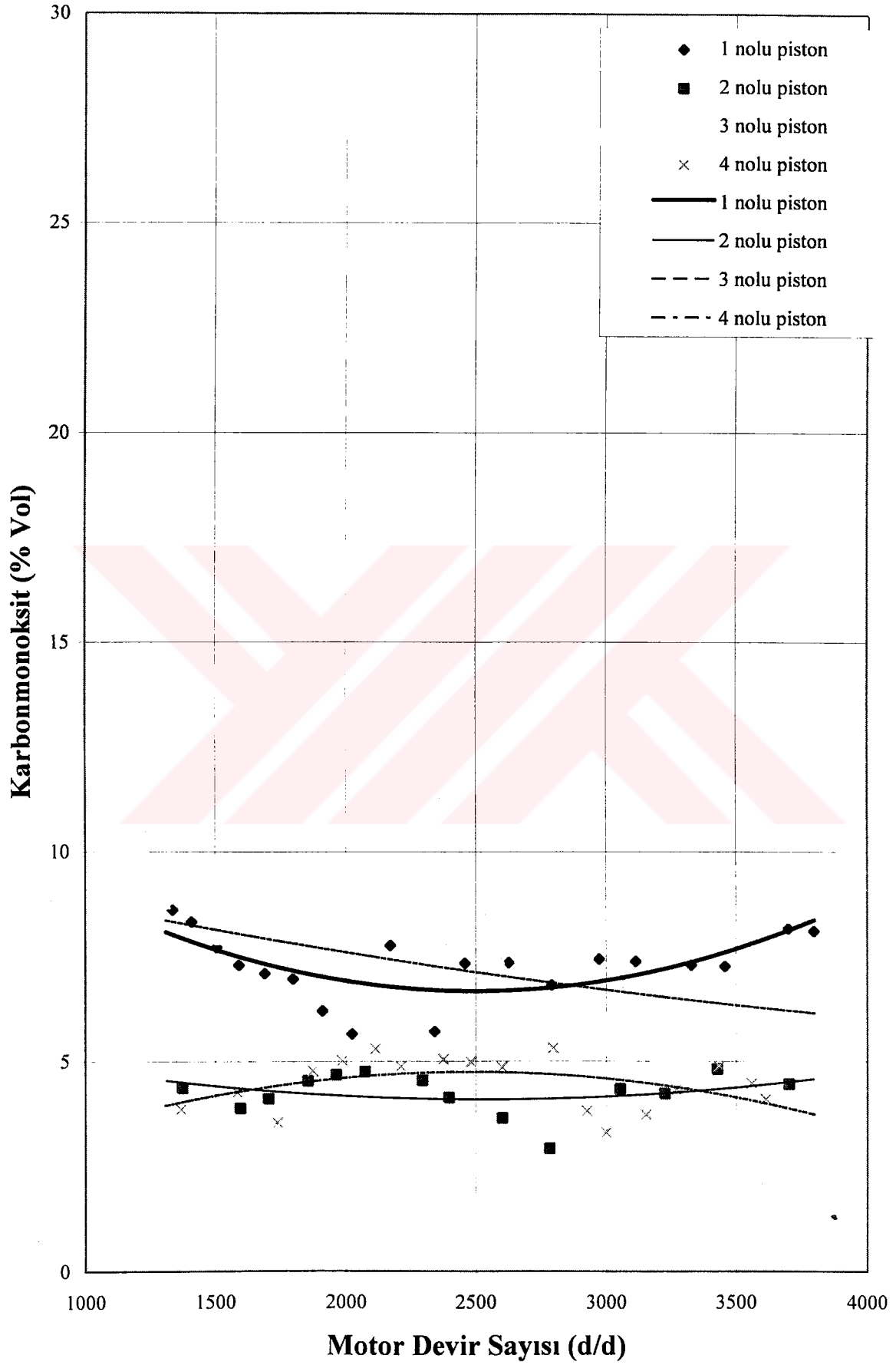
Şekil-3.41 ortalama özgül yakıt sarfıyatı eğrileri



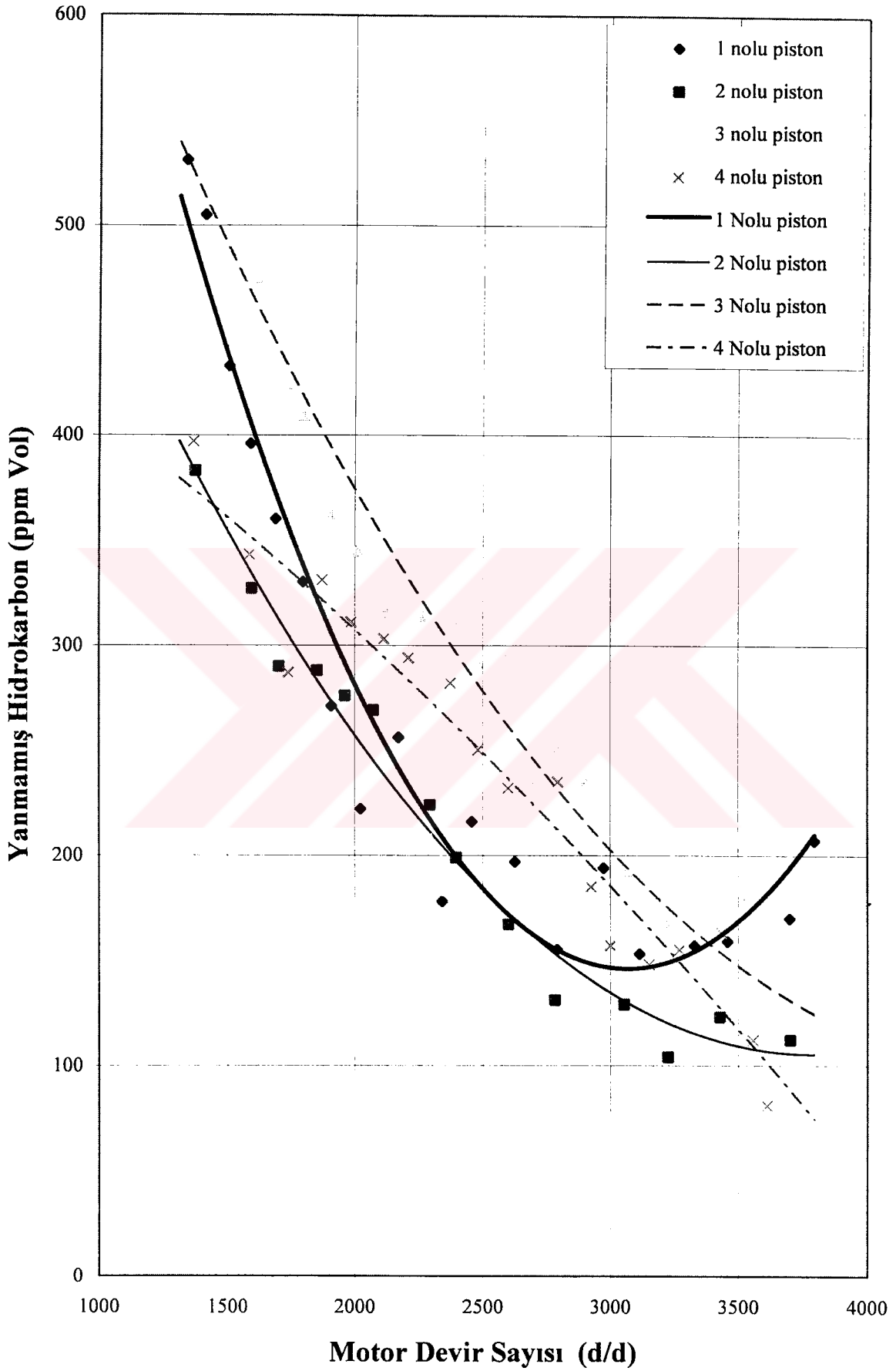
Şekil-3.42 ortalama efektif verim eğrileri



Şekil-3.43 ortalama efektif basınç eğrileri



Şekil-3.44 ortalama CO eğrileri



Şekil-3.45 ortalama yanmamış HC eğrileri

4- SONUÇ

Yapılan deneyler sonucunda üç pistonda da yüksek devir sayılarındaki yanmamış HC konsantrasyonunda bir azalma sağlanmıştır. Ayrıca bunun sonucu olarak motor performans değerlerinden özgül yakıt sarfiyatında bir azalma, moment ve güçte bir artış gözlemlenmiştir. Bu da gösteriyorki, pistonun 1. Kompresyon segmanı üzerinde açılan kanallar üst segman hacmini arttırarak yüzey/hacim oranını düşürmüştür. Yüzey/Hacim oranının düşmesi silindir cidarına yakın olan bu bölgelerde alev sönme bölgesi kalınlığını azaltarak bu bölgelerde biriken hidrokarbonların yanmaya katılmasına olanak sağlamıştır. Bunun sonucunda yanma verimi artmış ve egzosdan atılan kirletici miktarında bir azalma, aynı zaman da özgül yakıt sarfiyatı, moment ve güçte artma olmuştur. Yapılan deneylerde CO konsantrasyonunda bir azalma gözlenmesine rağmen CO konsantrasyonu seviyesi motorun tüm devir sayılarında fazla bir değişikliğe uğramamıştır.

KAYNAKLAR

Bali, Erol 1994. Motorların Neden Olduğu Hava Kirleticileri ve Önleme Çareleri.

Deniz, O., Özkan, M., Tamer, M., Işın, Ö., 1994. Bir Otto Motorunda, Üst Segman Hacminin Yanmamış Hidrokarbon Konsantrasyonuna Etkisinin Deneysel Araştırması.

Dumlu, Okan 1995. Diesel Motorlarında Yakıtın Isıtılarak Kullanılmasının Motor Performansına Etkisi.

Gören, Y., Peker, T., Erbasan, A., 1991. Elektrodinamometreli Motor Performans Deneyi.

Soruşbay, Cem 1989. İçten Yanmalı Motorlarda Egsos Gazları Emisyonu.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi : 06 Ocak 1973

Doğum Yeri : İstanbul

Eğitim : 1987-1989 T.E.M.L. Motor Bölümü

1990- 1994 Y.T.Ü Makina Fakültesi Makina Mühendisliği

1994- Y.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Enerji Makinaları

